

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

VILSON ROIZ GONÇALVES REBELO DA SILVA

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GESTÃO DA ENERGIA EM INDÚSTRIAS
ENERGO-INTENSIVAS: ENGENHARIA ORGANIZACIONAL E
INTEROPERABILIDADE**

CURITIBA

2018

VILSON ROIZ GONÇALVES REBELO DA SILVA

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GESTÃO DA ENERGIA EM INDÚSTRIAS
ENERGO-INTENSIVAS: ENGENHARIA ORGANIZACIONAL E
INTEROPERABILIDADE.**

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo F. R. Loures
Co-Orientador: Prof. Dr. Edson P. Lima

CURITIBA

2018

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

S586c
2018

Silva, Vilson Roiz Gonçalves Rebelo da
Uma contribuição ao estudo da gestão da energia em indústrias energo-intensivas : engenharia organizacional e interoperabilidade / Vilson Roiz Gonçalves Rebelo da Silva ; orientador, Eduardo F. R. Loures ; co-orientador, Edson P. de Lima. – 2018.
467 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2018
Bibliografia: f. 386-403

1. Indústrias – Administração. 2. Recursos energéticos. 3. Desempenho. 4. Engenharia de Produção. I. Loures, Eduardo Freitas Rocha. II. Lima, Edson Pinheiro. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. VI. Título.

CDD 20. ed. – 670



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
 Escola Politécnica
 Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS

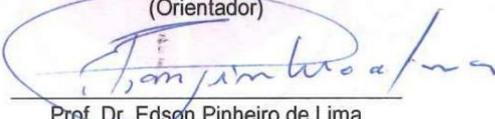
TERMO DE APROVAÇÃO

Vilson Roiz Gonçalves Rebelo da Silva

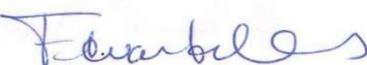
UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GESTÃO DA ENERGIA EM INDÚSTRIAS ENERGO-INTENSIVAS: ENGENHARIA ORGANIZACIONAL E INTEROPERABILIDADE.

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

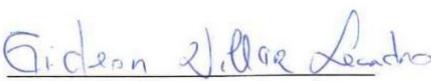

 Presidente da Banca
 Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures
 (Orientador)


 Prof. Dr. Edson Pinheiro de Lima
 (Co-orientador)


 Prof. Dr. Sergio E. Gouvêa da Costa
 (Membro Interno)


 Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos
 (Membro Interno)


 Prof. Dr. Gustavo Henrique da Costa Oliveira
 (Membro Externo)


 Prof. Dr. Gideon Villar Leandro
 (Membro Externo)

Curitiba, 04 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar e iluminar nesta jornada. À madre Paulina, santa devota, pela
força e energia nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais (em memória) pela lição de vida e incentivo ao estudo.

Aos meus filhos pela compreensão das horas que me ausentei.

Ao Ministério da Educação (MEC).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

À Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Ao prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures (orientador) , pelos ensinamentos,
paciência e competência durante a orientação.

Ao prof. Dr. Edson Pinheiro de Lima (co-orientador), pelos ensinamentos e
competência durante a orientação.

Aos professores Dr. Rui Maçal, Dr. Sergio E. Gouvêa da Costa, Dr. Eduardo Alves
Portela Santos pelas sugestões e discussões ao longo do curso.

Aos professores Dr. Osiris Canciglieri Junior, Dr. Fernando Deschamps, Dr. Gustavo
Henrique da Costa Oliveira e Dr. Thulio Cícero Guimarães Pereira pelo apoio no
decorrer do trabalho da tese.

Aos colegas Avides Reis de Farias, Giovani Antonio Bordini, José Marcelo Almeida
Prado Cestari, José Dissenha, Angela Pradella, Rolando Kurscheidt pelo
companheirismo durante o doutorado.

Aos especialistas da academia e da indústria que participaram do estudo Delphi e do
trabalho de campo meus profundos agradecimentos pelo empenho e dedicação no
preenchimento de questionários e entrevistas.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta
pesquisa.

Albert Einstein: “ O que eu mais admiro em sua arte, é que você não diz uma palavra e o mundo inteiro te entende.”

Charles Chaplin: “Mas a sua glória é ainda maior, pois o mundo inteiro te admira, mesmo sem entender o que você diz.”

Frases atribuídas a Einstein e Chaplin embora com divergências entre biógrafos.

RESUMO

Nos dias de hoje, a questão energética apresenta-se como de crucial importância para o crescimento econômico sustentável, pois afeta toda a sociedade e causa reflexos expressivos nas indústrias. As indústrias energo-intensivas (IEI) desempenham papel relevante no desenvolvimento dos países, no entanto causam considerável impacto ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo sobre a gestão da energia (GE) em indústrias energo-intensivas através das perspectivas da engenharia organizacional e da interoperabilidade. A pesquisa caracteriza-se com uma abordagem metodológica quali-quantitativa, sendo que a revisão sistemática da literatura fundamenta-se no método estruturado Knowledge Development Process - Constructivist (ProKnow-C), que selecionou um portfólio bibliográfico com artigos alinhados ao tema da pesquisa. A análise bibliométrica sobre o portfólio bibliográfico possibilitou evidenciar periódicos, artigos, autores, centros de pesquisa, palavras-chave e elaborar a rede de co-citação dos autores. A exploração do conteúdo dos artigos, entre outros aspectos, destaca as práticas de gestão, normas, dificuldades para gestão da energia, além de lacunas na pesquisa, relacionadas principalmente às barreiras organizacionais. Assim, é proposto um conjunto de ações técnicas e gerenciais, fundamentadas em normas nacionais e internacionais de gestão da energia e práticas bem sucedidas pela indústria, referendadas posteriormente através da realização de um estudo *Delphi*. Também é apresentada uma concepção de processo para um sistema de gestão da energia (SGE) em uma abordagem de engenharia organizacional, conforme a disciplina gerencial designada gerenciamento de processos de negócios, juntamente com um framework e um mapa conceitual para apoiar o entendimento e contribuir para remover as barreiras organizacionais. O trabalho explorou a aplicação de um procedimento combinando um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas e as diretrizes da engenharia organizacional para em um estudo de caso de uma indústria de papel e celulose avaliar o potencial organizacional de instituir um SGE. Os resultados mostraram que o procedimento é adequado, pode ser seguido e fornece um passo útil na avaliação do potencial organizacional de uma indústria para implantação de um SGE. Outrossim, é proposto um modelo de avaliação da interoperabilidade organizacional (AIO) para um SGE designado de modelo MAIGEI, o qual é aplicado em uma indústria do ramo petroquímico com um SGE em operação, para medição da interoperabilidade organizacional entre áreas intra-organizacionais. Os resultados registraram que o diagnóstico é útil na medição da compatibilidade, apontando o nível de atenção ou foco que a empresa concede para os atributos selecionados na interoperabilidade em um SGE. Também oferece elementos para efetuar correções e propor melhorias no aspecto organizacional e por conseguinte no desempenho energético.

Palavras-chave: Gestão da Energia, Engenharia Organizacional, Interoperabilidade, Indústrias energo-intensivas.

ABSTRACT

Nowadays, the energy issue is of crucial importance for sustainable economic growth, as it affects the entire society and causes significant reflexes in the industries. Energy intensive industries play an important role in the development of countries, but they have a significant impact on the environment. The objective of this work is to develop a study on energy management in energy intensive industries through the perspectives of enterprise engineering and interoperability. The research is characterized by a qualitative and quantitative methodological approach, and the systematic review of the literature is based on the Knowledge Development Process - Constructivist (ProKnow-C) structured method, which selected a bibliographic portfolio with articles aligned with the research theme. The bibliometric analysis of this portfolio makes it possible to highlight journals, articles, authors, and keywords and to develop the authors' citation network. The exploration of the content of the articles, among other aspects, highlights the energy management practices, standards, difficulties for energy management, as well as gaps in the research, related mainly to organizational barriers. Thus, a set of technical and managerial actions, based on national and international energy management standards and successful practices by industry, later endorsed by a Delphi study. Also presented is a process conception for an energy management system (EnMS) in an enterprise engineering approach, according to the managerial discipline called business process management (BPM), along with a framework and a conceptual map to support the understanding and contribute to removing organizational barriers. The work explores the application of the set of recommended technical and managerial actions and enterprise engineering guidelines for a case study in a pulp and paper industry to assess the organizational potential of establishing an EnMS. The results showed that the procedure is adequate, can be followed and provides a useful step in assessing the organizational potential of an industry to implement as EnMS. In addition, an enterprise interoperability assessment model is proposed for an EnMS called the MAIGEI model, which is applied in a petrochemical industry, with an EnMS in operation, to measure enterprise interoperability among intra-organizational areas. The results showed that the diagnosis is useful in the measurement of compatibility, pointing out the level of attention or focus that the company grants to the attributes selected in the interoperability in an EnMS. Also offers elements to make corrections and propose improvements in the organizational aspect and therefore in the energy performance.

Keywords: Energy Management, Enterprise Engineering, Interoperability, Energy Intensive Industries.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Projeto da tese..... | 39 |
| Figura 2 - Organização dos capítulos da tese..... | 40 |
| Figura 3 - Fluxograma da Investigação Inicial - Método ProKnow-C..... | 45 |
| Figura 4 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Management AND Industr*..... | 47 |
| Figura 5 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Efficiency AND Industr*..... | 48 |
| Figura 6 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Conservation AND Industr*..... | 48 |
| Figura 7 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Saving AND Industr*..... | 48 |
| Figura 8 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Consumption AND Industr*..... | 49 |
| Figura 9 - Resumo do Processo de Filtragem dos Artigos..... | 51 |
| Figura 10 - Representação do Valor de Corte..... | 52 |
| Figura 11 - Fluxograma para reconhecimento científico dos Artigos do Portfólio - Método ProKnow-C..... | 54 |
| Figura 12 - Evolução das publicações (546) por periódico por período..... | 58 |
| Figura 13 - Evolução das publicações (546) por autor por período..... | 59 |
| Figura 14 - Relevância dos periódicos do Portfólio Bibliográfico..... | 60 |
| Figura 15 - Evolução das publicações dos periódicos do Portfólio por período..... | 60 |
| Figura 16 - Relação dos autores do Portfólio Bibliográfico..... | 61 |
| Figura 17 - Ocorrência dos artigos no Portfólio Bibliográfico conforme os centros de pesquisa..... | 63 |
| Figura 18 - Palavras-chave dos artigos do portfólio bibliográfico..... | 64 |
| Figura 19 - Relevância dos Periódicos nas Referências dos Artigos do Portfólio..... | 64 |
| Figura 20 - Autores com maior presença nas referências do portfólio bibliográfico..... | 65 |
| Figura 21 - Cruzamento entre os autores com maior participação no portfólio e suas referências..... | 65 |
| Figura 22 - Artigo e seus autores do portfólio de maior destaque..... | 67 |
| Figura 23 - Rede de co-citação dos autores no Portfolio Bibliográfico..... | 69 |
| Figura 24 - Rede social das palavras-chave do Portfólio Bibliográfico..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| Figura 25 - Fluxo de Energia Primária, Secundária, Centro de Transformação, Uso Final e Útil..... | 88 |
| Figura 26 - Formação dos Grupos de Trabalho - WGs dentro da estrutura do TC-242. | 93 |
| Figura 27 - Etapas de um Processo de Pesquisa..... | 117 |
| Figura 28 - Etapas da Pesquisa..... | 118 |
| Figura 29 - Fluxo Solução Problema. | 124 |
| Figura 30 - Diagrama de Fases. | 125 |
| Figura 31 - Estratégia da Pesquisa na Representação IDEF0. | 127 |
| Figura 32 - Atividade A0 do IDEF0. | 128 |
| Figura 33 - Atividade A1 do IDEF0. | 129 |
| Figura 34 - Atividade A2 do IDEF0. | 130 |
| Figura 35 - Atividade A3 do IDEF0. | 130 |
| Figura 36 - Atividade A4 do IDEF0. | 131 |
| Figura 37 - Atividade A5 do IDEF0. | 132 |
| Figura 38 - Atividade A6 do IDEF0. | 132 |
| Figura 39 - Atividade A7 do IDEF0. | 134 |
| Figura 40 - Condução do Estudo de Caso..... | 137 |
| Figura 41 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE. | 145 |
| Figura 42 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE. | 145 |
| Figura 43 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE. | 146 |
| Figura 44 - Programa de GE..... | 147 |
| Figura 45 - Framework Conceitual da GE “CHRISTOFFERSEN”. | 151 |
| Figura 46 - Framework Conceitual da GE “ BUNSE”..... | 151 |
| Figura 47 - Framework Conceitual da GE “ATES”..... | 152 |
| Figura 48 - Framework Conceitual da GE “ VIKHOREV”..... | 153 |
| Figura 49 - Framework Conceitual da GE “SCHULZE”..... | 154 |
| Figura 50 - Modelo de Sistema de GE, Norma ISO 50001. | 155 |
| Figura 51 - EGE em Estrutura <i>Ad Hoc</i> | 157 |
| Figura 52 - Modelo Estrela..... | 158 |
| Figura 53 - Estruturas Organizacionais..... | 160 |
| Figura 54 - Ciclo de Vida BPM..... | 161 |
| Figura 55 - Notação Utilizada na Modelagem de Processos. | 164 |
| Figura 56 - Ciclo de Desenvolvimento do <i>Bizagi Studio</i> | 165 |

| | |
|---|-----|
| Figura 57 - Visão Geral dos Conceitos de IO..... | 172 |
| Figura 58 - Preocupações da Interoperabilidade..... | 173 |
| Figura 59 - Barreiras que Impedem um Nível Maior de Interoperabilidade..... | 178 |
| Figura 60 - <i>Framework</i> LISI..... | 179 |
| Figura 61 - <i>Framework</i> EIF..... | 181 |
| Figura 62 - <i>Framework</i> ATHENA..... | 182 |
| Figura 63 - <i>IDEAS Framework</i> | 183 |
| Figura 64 - Métodos de Avaliação Quantitativa da Interoperabilidade..... | 185 |
| Figura 65 - Processo de Decisão..... | 188 |
| Figura 66 - Processo de Análise Multicritério..... | 190 |
| Figura 67 - Critérios para Seleção de Técnicas de Tomada de Decisão Multicritério. | 192 |
| Figura 68 - Estrutura Geral do AHP..... | 195 |
| Figura 69 - Matriz Quadrada Genérica..... | 196 |
| Figura 70 - Exemplo de Matriz de Comparação (n=4)..... | 198 |
| Figura 71 - Cálculo do Vetor Final de Prioridades..... | 201 |
| Figura 72 - Exemplo da Combinação de Múltiplos Resultados para o Método AHP. | 202 |
| Figura 73 - Modelo Simplificado da Matriz QFD..... | 204 |
| Figura 74 – <i>Framework</i> das ações técnicas e gerenciais..... | 207 |
| Figura 75 - Fases do Método Delphi..... | 213 |
| Figura 76 – Diretrizes da engenharia organizacional seus constructos e o SGE...231 | |
| Figura 77 - Diagrama dos Atores Principais..... | 232 |
| Figura 78 - Proposição da equipe de gestão da energia..... | 234 |
| Figura 79 – Projeto organizacional de um SGE..... | 240 |
| Figura 80 – Framework conceitual do Sistema de Gestão da Energia adaptado da ISO 50001..... | 242 |
| Figura 81 - Estrutura em teia (<i>spider</i>)..... | 245 |
| Figura 82: Diagrama de representação geral de áreas funcionais para o sistema de gestão da energia proposto..... | 246 |
| Figura 83 – Modelo do projeto organizacional..... | 251 |
| Figura 84 – Mapa conceitual do Sistema de Gestão da Energia..... | 263 |
| Figura 85: Diagrama da Ferramenta SIPOC..... | 266 |
| Figura 86 - Definição de Procedimento e Coletas de Dados..... | 270 |

| | |
|---|-----|
| Figura 87 - Sequência sugerida de tarefas de coleta de dados..... | 279 |
| Figura 88 - Preocupações e Conceitos Envolvidos no Domínio da Interoperabilidade | 282 |
| Figura 89 - Síntese da Representação – Espaço-Problema e Espaço Solução..... | 283 |
| Figura 90 - Fluxograma da Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A02: Extrair e Descrever Atributos | 285 |
| Figura 91 - Diagrama da Racionalidade da Extração dos Atributos | 286 |
| Figura 92 - Rede de Relações para AIO..... | 287 |
| Figura 93 - Rede de Relações para a Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva - GE IEI..... | 288 |
| Figura 94 - Mapa Conceitual para a Interoperabilidade do Domínio da GE/IEI | 289 |
| Figura 95 - Mapa Conceitual do Domínio AIO | 290 |
| Figura 96 - Atributos Identificados (extraídos) na Interligação entre os Domínios GE (IEI) e IO (AIO)..... | 291 |
| Figura 97 - Fluxograma de Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A03: Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade..... | 304 |
| Figura 98 - Mapeamento dos atributos nos aspectos da interoperabilidade..... | 305 |
| Figura 99 - Fluxograma de Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A04: Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade e Aplicação do Método de Decisão Multicritério..... | 315 |
| Figura 100 - Estrutura Geral do Modelo..... | 316 |
| Figura 101 - Estrutura Geral do Modelo de Avaliação Multicritério..... | 319 |
| Figura 102 - Estrutura do Modelo utilizando a Preocupação “Processo” como Exemplo | 320 |
| Figura 103 - Comparações entre as Preocupações e Comparações entre Preocupações x Barreiras..... | 321 |
| Figura 104 - Exemplo da Estrutura de Comparação em Pares dos Atributos..... | 323 |
| Figura 105 - Estrutura Principal do AHP no <i>Software Super Decisions</i> | 325 |
| Figura 106 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação <i>Business</i> | 326 |
| Figura 107 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação <i>Process</i> | 326 |
| Figura 108 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação <i>Service</i> | 326 |
| Figura 109 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação <i>Data</i> | 326 |
| Figura 110 - Alternativas (Atributos) relacionados à Preocupação x Barreira BC... | 327 |

| | |
|--|-----|
| Figura 111 - Comparações em Pares entre os Atributos Relacionados ao Quadrante BC | 328 |
| Figura 112 - Comparações em Pares entre as Preocupações da Interoperabilidade Relacionadas à AIO para a GE na IEI..... | 328 |
| Figura 113 - Etapas de Aplicação do Modelo de Avaliação da Interoperabilidade da Gestão da Energia na Indústria - MAIGEI..... | 329 |
| Figura 114 - Macro Perspectivas da Interoperabilidade - Área Intra-Organizacional Utilidades “A”..... | 357 |
| Figura 115 - Níveis de Interoperabilidade dos Quadrantes – Área Intra-Organizacional Utilidades “A”..... | 358 |
| Figura 116 - Níveis de Atenção/Foco dados aos Atributos para a Interoperabilidade da GE na IEI - Área Intra-Organizacional Utilidades “A”. | 359 |
| Figura 117 – quadro resumo referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional, área intra-organizacional “A”. | 360 |
| Figura 118 - Macro Perspectivas da Interoperabilidade - Área Intra-Organizacional Utilidades “B”..... | 362 |
| Figura 119 - Níveis de Interoperabilidade dos Quadrantes - Área intra-organizacional utilidades “B” | 363 |
| Figura 120 - Níveis de Atenção /Foco dados aos Atributos para a Interoperabilidade da GE na IEI - Área Intra-Organizacional Utilidades “B”. | 364 |
| Figura 121 – quadro resumo referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional, área intra-organizacional “B”. | 365 |
| Figura 122 - Comparativo das Macro Perspectivas da Interoperabilidade | 366 |
| Figura 123 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação <i>Business</i> | 367 |
| Figura 124 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação <i>Process</i> | 367 |
| Figura 125 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação <i>Service</i> | 368 |
| Figura 126 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação <i>Data</i> | 368 |

| | |
|---|-----|
| Figura 127 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados aos Quadrantes da Interoperabilidade..... | 369 |
| Figura 128 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados aos Atributos da Interoperabilidade do SGE..... | 370 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Palavras-Chave..... | 47 |
| Tabela 2 - Resultado da busca nº de artigos Portal CAPES. | 47 |
| Tabela 3 - Bases de Dados Seleccionadas. | 49 |
| Tabela 4 - Resultado da pesquisa nos bancos de dados para as palavras-chave dos eixos 1 e 2..... | 50 |
| Tabela 5 - Resultado da busca por Palavra-Chave..... | 51 |
| Tabela 6 - Top 3 autores (medidas de centralidade)..... | 70 |
| Tabela 7 - Top 3 palavras-chave (medidas de centralidade). | 71 |
| Tabela 8 - Definições de Gestão da Energia..... | 90 |
| Tabela 9 - Definições de Sistemas de Gestão da Energia. | 90 |
| Tabela 10 - Definições de Normas. | 92 |
| Tabela 11 - Classificação das indústrias. | 98 |
| Tabela 12 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Papel e Celulose. | 100 |
| Tabela 13 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Petróleo e Gás. | 102 |
| Tabela 14 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Cimento e Concreto..... | 104 |
| Tabela 15 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria Ferro e Aço. | 106 |
| Tabela 16 - Capacidade instalada da indústria de vidro no Brasil (Mil t/ano). | 107 |
| Tabela 17 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria do vidro. | 108 |
| Tabela 18 - Ranking da indústria química mundial..... | 109 |
| Tabela 19 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria química. | 110 |
| Tabela 20 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria alumínio. | 112 |
| Tabela 21 - Elementos Principais do Método Delphi..... | 135 |
| Tabela 22 - Tipologia das Barreiras ao Uso Eficiente da Energia. | 141 |
| Tabela 23 - Barreiras ao Uso Eficiente da Energia | 142 |
| Tabela 24 - Taxonomia com Distinção da Origem e Atores Afetados pelas Barreiras. | 142 |
| Tabela 25 - Barreiras Organizacionais ao Uso Eficiente da Energia..... | 144 |
| Tabela 26 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase <i>Plan</i> (ciclo PDCA) | 208 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 27 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase <i>Do</i> (ciclo PDCA) | 208 |
| Tabela 28 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase <i>Check</i> (ciclo PDCA) | 208 |
| Tabela 29 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase <i>Act</i> (ciclo PDCA) | 209 |
| Tabela 30 - Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas. | 210 |
| Tabela 31 – Instrumentos de Manutenção. | 260 |
| Tabela 32 - Diretrizes de Engenharia Organizacional. | 272 |
| Tabela 33 - Barreiras Organizacionais para Interoperabilidade. | 284 |
| Tabela 34 - Atributos Extraídos dos Respective Domínios AIO/IO e GE/IEI. | 290 |
| Tabela 35 - Barreiras Organizacionais e Atributos Relacionados | 292 |
| Tabela 36 - Termos Semanticamente Relacionados a “Adaptabilidade”. | 294 |
| Tabela 37 - Termos Semanticamente Relacionados a “Colaboração” | 295 |
| Tabela 38 - Termos semanticamente relacionados a “Compatibilidade”. | 295 |
| Tabela 39 - Termos semanticamente relacionados “a Competência” | 296 |
| Tabela 40 - Termos semanticamente relacionados a “Compromisso”. | 296 |
| Tabela 41 - Termos semanticamente relacionados a “Comunicação”. | 297 |
| Tabela 42 - Termos semanticamente relacionados a “Controle”. | 297 |
| Tabela 43 - Termos semanticamente relacionados a “Cooperação”. | 298 |
| Tabela 44 - Termos semanticamente relacionados a “Cultura”. | 298 |
| Tabela 45 - Termos semanticamente relacionados a “Estratégia”. | 299 |
| Tabela 46 - Termos semanticamente relacionados a “Estrutura Empresarial”. | 299 |
| Tabela 47 - Termos semanticamente relacionados a “Informação” | 300 |
| Tabela 48 - Termos semanticamente relacionados a “Integração”. | 300 |
| Tabela 49 - Termos semanticamente relacionados a “Normatização”. | 301 |
| Tabela 50 - Termos semanticamente relacionados a “Processo”. | 301 |
| Tabela 51 - Termos semanticamente relacionados a “Recursos Humanos”. | 302 |
| Tabela 52 - Termos semanticamente relacionados a “Responsabilidade”. | 302 |
| Tabela 53 - Termos semanticamente relacionados a “Tecnologia da Informação/Comunicação | 303 |
| Tabela 54 - Validade e Confiabilidade da Pesquisa | 347 |
| Tabela 55 – Objetivos do Diagnóstico Intra-Organizacional - Modelo Diagnóstico DIOGEI | 350 |
| Tabela 56 - Visão Geral dos Níveis de Atenção dados aos Atributos na Área Intra-Organizacional utilidades “A” | 359 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 57 - Visão Geral dos Níveis de Atenção dados aos Atributos na Área Intra-Organizacional Utilidades “B” | 364 |
| Tabela 58 - Atributos que recebem Menores Níveis de Atenção por Parte da Organização (na Visão das Áreas Intra-Organizacionais Analisadas) | 371 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Artigos Selecionados para o Portfólio..... | 54 |
| Quadro 2 - Composição do Protocolo de Pesquisa | 119 |
| Quadro 3 - Características Aplicáveis à Abordagem por Processos Cambridge. ... | 121 |
| Quadro 4 - Cronograma de Atividades da Avaliação do Potencial Organizacional e de Interoperabilidade Intra-Organizacional (SGE). | 123 |
| Quadro 5 - Táticas Empregadas para Garantir a Qualidade da Pesquisa. | 138 |
| Quadro 6 - Estrutura dos Artigos para Publicação..... | 140 |
| Quadro 7 - Representações e Abordagens. | 149 |
| Quadro 8 - Características de uma Estrutura Ad Hoc..... | 156 |
| Quadro 9 - Definições de Interoperabilidade | 167 |
| Quadro 10 - Diferenças entre os Conceitos de Integração e Interoperabilidade ... | 170 |
| Quadro 11 - Exemplos de Barreiras à Interoperabilidade..... | 177 |
| Quadro 12 - Avaliação da Interoperabilidade..... | 186 |
| Quadro 13 - Características do problema de tomada de decisão multicritério..... | 191 |
| Quadro 14 - Análise dos Fatores para Seleção de Método de Decisão Multicritério Apropriado. | 193 |
| Quadro 15 - Escala de Comparações do Método AHP. | 197 |
| Quadro 16 - Índice Aleatório (RI) | 200 |
| Quadro 17 - Elementos do Método Delphi adotados nesta pesquisa. | 214 |
| Quadro 18 - Escala Likert. | 215 |
| Quadro 19 – Estatística da capacitação e qualidade dos Especialistas. | 217 |
| Quadro 20 - Características dos especialistas conforme experiência em pesquisa, implementação de projetos e no ensino. | 217 |
| Quadro 21 - Características dos especialistas em quantidade de trabalhos de sua autoria, projetos e cursos ministrados. | 218 |
| Quadro 22 - Resultados da primeira rodada do estudo Delphi. | 219 |
| Quadro 23 - Questões reformuladas após análise da primeira rodada do estudo <i>Delphi</i> | 225 |
| Quadro 24 - Resultados da segunda rodada do estudo Delphi. | 226 |
| Quadro 25 – Resumo das aplicações das diretrizes da EO..... | 268 |
| Quadro 26 – Decomposição das diretrizes. | 273 |
| Quadro 27 - Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas. | 275 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 28 – Representação da aplicação das FTs | 276 |
| Quadro 29- Comparação Semântica (Atributos x Preocupações)..... | 306 |
| Quadro 30 - Comparação Semântica (Atributos x Barreiras) | 306 |
| Quadro 31 - Tipos de relação, intervalos, símbolos e pesos (Preocupações) | 307 |
| Quadro 32- Relações estabelecidas entre os Atributos e Preocupações..... | 307 |
| Quadro 33- Tipos de Relação, Intervalos, Símbolos e Pesos (Barreiras) | 308 |
| Quadro 34 - Relações Estabelecidas entre os Atributos e Barreiras..... | 309 |
| Quadro 35- Relações Revisadas (Atributos e Preocupações) | 309 |
| Quadro 36- Relações Revisadas (Atributos e Barreiras)..... | 310 |
| Quadro 37- Produto entre as Preocupações e Barreiras considerando os Pesos .. | 311 |
| Quadro 38 - Produto entre as Preocupações e Barreiras considerando os Símbolos MII | 311 |
| Quadro 39 - Matriz de Produtos Resultantes (Matriz de Influência da Interoperabilidade MII) | 312 |
| Quadro 40 - Matriz Atualizada de Produtos Resultantes (após Análise Qualitativa) | 313 |
| Quadro 41 - Distribuição dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade..... | 314 |
| Quadro 42 - Comparação em Pares Relacionada à Avaliação das Preocupações. | 322 |
| Quadro 43 - Comparação em Pares Relacionada às Preocupações x Barreiras.... | 322 |
| Quadro 44 - Comparação dos Atributos sob a Perspectiva <i>Business</i> x <i>Conceptual</i> (BC) | 323 |
| Quadro 45 - Avaliação dos Requisitos de Informação através da FT3 - Survey | 337 |
| Quadro 46 - Avaliação da Existência de Requisitos de Informação por Categoria . | 339 |
| Quadro 47 - Avaliação da Consistência dos Requisitos de Informação por Categoria. | 340 |
| Quadro 48 – Triangulação dos Requisitos de Informação com as Diretrizes da EO e com as Questões do Survey. | 340 |
| Quadro 49 - Análise do Alinhamento das Diretrizes da EO..... | 342 |
| Quadro 50 - Resultado da Análise da Aplicabilidade das Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas. | 345 |
| Quadro 51 - Quadro Resumo de Características da Aplicação do Diagnostico DIOGEI | 355 |
| Quadro 52 - Ponderação dos Critérios com Relação ao Objetivo - Área Intra- Organizacional utilidades “A” | 356 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 53 - Ponderação entre os Critérios e Subcritérios - Área Intra-Organizacional Utilidades "A" | 357 |
| Quadro 54 - Ponderação dos Critérios com Relação ao Objetivo - Área Intra-Organizacional Utilidades "B" | 361 |
| Quadro 55 - Ponderação entre os Critérios e Subcritérios - Área Intra-Organizacional Utilidades "B". | 362 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ACV | Avaliação do Ciclo de Vida |
| AHP | <i>Analytical Hierarchy Process</i> |
| AIF | Athena Interoperability Frameworks |
| AIO | Avaliação da Interoperabilidade Organizacional |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| BAT | <i>Best Available Technology</i> |
| BEN | Balanço Energético Nacional |
| BPM | <i>Business Process Management</i> |
| BPMN | <i>Business Process Modeling Notation</i> |
| BPMS | <i>Business Process Management System</i> |
| BPT | <i>Best Practice Technology</i> |
| CAPES | Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CHP | <i>Combined Heat and Power</i> |
| CNI | Confederação Nacional das Indústrias |
| CONPET | Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural |
| DOE | U.S. Department of Energy |
| EE | Eficiência Energética |
| EI | <i>Enterprise Interoperability</i> |
| EIF | <i>European Interoperability Framework</i> |
| EP | Espaço Problema |
| EPA | Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| ES | Espaço Solução |
| ESCO | <i>Energy Service Companies</i> |
| GD | Geração Distribuída |
| GE | Gestão da Energia |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| GLP | Gás Liquefeito do Petróleo |
| IDE | Indicadores de Desempenho Energético |

| | |
|---------|--|
| IDEAS | <i>Interoperability Developments for Enterprise Application and Software</i> |
| IDEF0 | <i>Integration Definition for Function Modeling</i> |
| IEA | <i>International Energy Agency</i> |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IEI | Indústria Energo-Intensiva |
| INTEROP | <i>Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software</i> |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LBE | Linha de Base Energética |
| LISI | <i>Levels of Information Systems Interoperability</i> |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentadora |
| OHSAS | Occupational Health and Safety Assessment Series |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| PIMVP | Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance |
| PNUMA | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| PPGEPS | Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia |
| RE | Revisão Energética |
| RSC | Responsabilidade Social Corporativa |
| SGE | Sistema de Gestão da Energia |
| TIC | Tecnologia Informação e Comunicação |
| UNIDO | United Nations Industrial Development Organization |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO | 25 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA DA PESQUISA | 30 |
| 1.2 | RELEVÂNCIA E ORIGINALIDADE..... | 35 |
| 1.3 | QUESTÕES DE PESQUISA | 37 |
| 1.4 | OBJETIVOS | 37 |
| 1.4.1 | Objetivo Geral..... | 37 |
| 1.4.2 | Objetivo Específico | 37 |
| 1.5 | PROPOSIÇÃO DA PESQUISA | 38 |
| 1.6 | ESTRUTURA DA TESE | 39 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 44 |
| 2.1 | REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA..... | 44 |
| 2.1.1 | Método ProKnow-C | 45 |
| 2.1.2 | Análise Bibliométrica do Portfólio Bibliográfico | 57 |
| 2.1.3 | Análise da Rede Social..... | 68 |
| 2.1.4 | Exploração do Conteúdo do Portfólio Bibliográfico..... | 71 |
| 2.1.5 | Composição final dos artigos correlatos | 86 |
| 2.2 | GESTÃO DA ENERGIA..... | 87 |
| 2.2.1 | Energia | 87 |
| 2.2.2 | Definições de Gestão da Energia | 89 |
| 2.2.3 | Sistemas de Gestão da Energia | 90 |
| 2.2.4 | Normas de Gestão da Energia | 91 |
| 2.3 | INDÚSTRIA DE USO INTENSIVO DE ENERGIA | 97 |
| 2.3.1 | Indústria de Papel e Celulose..... | 99 |
| 2.3.2 | Indústria de Petróleo e Gás Natural..... | 100 |
| 2.3.3 | Indústria de Cimento..... | 102 |
| 2.3.4 | Indústria de Ferro e Aço | 105 |
| 2.3.5 | Indústria do Vidro..... | 107 |
| 2.3.6 | Indústria Química..... | 108 |
| 2.3.7 | Indústria do Alumínio | 110 |
| 3 | ELEMENTOS METODOLÓGICOS | 113 |
| 3.1 | ESTRUTURA BÁSICA DA PESQUISA | 113 |
| 3.1.1 | Definição Temática | 113 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.1.2 | Questão Enunciada do Problema | 114 |
| 3.1.3 | Diretrizes | 115 |
| 3.1.4 | Transposição das Diretrizes | 115 |
| 3.1.5 | Organização da Pesquisa | 116 |
| 3.1.6 | Abordagem Quali-Quantitativa | 123 |
| 3.1.7 | Fluxo Solução Problema | 123 |
| 3.2 | ESTRATÉGIA DE PESQUISA | 124 |
| 3.2.1 | Diagrama de fases | 125 |
| 3.2.2 | Estratégia da Pesquisa na Representação IDEF0 | 126 |
| 3.2.3 | Métodos utilizados na pesquisa | 134 |
| 3.2.4 | Composição de artigos para publicação | 139 |
| 4 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL | 141 |
| 4.1 | BARREIRAS ORGANIZACIONAIS | 141 |
| 4.2 | ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS | 144 |
| 4.2.1 | Estruturas formais para o SGE | 145 |
| 4.2.2 | <i>Frameworks</i> | 149 |
| 4.2.3 | Modelo de sistema de Gestão da Energia norma ISO 50001 | 154 |
| 4.2.4 | Estrutura AD HOC | 155 |
| 4.3 | MODELO ESTRELA DE GALBRAITH | 157 |
| 4.4 | ENGENHARIA ORGANIZACIONAL | 158 |
| 4.4.1 | <i>Business Process Management (BPM)</i> | 159 |
| 4.4.2 | Processo de Negócio | 161 |
| 4.5 | INTEROPERABILIDADE | 165 |
| 4.5.1 | Definições | 166 |
| 4.5.2 | Tipos de Interoperabilidade | 170 |
| 4.5.3 | Preocupações da Interoperabilidade | 172 |
| 4.5.4 | Barreiras da Interoperabilidade | 175 |
| 4.5.5 | Frameworks da Interoperabilidade | 178 |
| 4.5.6 | Avaliação da Interoperabilidade Organizacional (AIO) | 184 |
| 4.5.7 | Ferramentas Para Avaliação Multicritério | 187 |
| 5 | AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS E ENGENHARIA ORGANIZACIONAL 205 | |
| 5.1 | AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS | 205 |
| 5.1.1 | Conjunto de Ações Técnicas e Gerenciais para o SGE | 209 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.1.2 | Método Delphi | 212 |
| 5.1.3 | Aplicação do Método Delphi | 218 |
| 5.2 | ENGENHARIA ORGANIZACIONAL | 228 |
| 5.2.1 | Gerenciamento de processos de negócio (BPM) | 228 |
| 5.2.2 | Concepção de Processo para o SGE | 229 |
| 5.2.3 | PROJETO ORGANIZACIONAL PARA O SGE | 240 |
| 5.2.4 | FRAMEWORK CONCEITUAL DO SGE | 240 |
| 5.2.5 | MAPA CONCEITUAL DO SGE | 243 |
| 5.2.6 | MODELAGEM DO PROCESSO DE REVISÃO ENERGÉTICA..... | 264 |
| 5.2.7 | AVALIAÇÃO ORGANIZACIONAL PARA UM SGE EM UMA IEI | 267 |
| 6 | MODELO DE AVALIAÇÃO PARA INTEROPERABILIDADE DA GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA – MAIGEI..... | 281 |
| 6.1 | MODELO DE AVALIAÇÃO DE INTEROPERABILIDADE | 281 |
| 6.2 | PROPOSIÇÃO DO MODELO MAIGEI..... | 282 |
| 6.2.1 | Desenvolvimento da atividade (A01) – Análise do Espaço Problema (EP) e do Espaço Solução (ES) | 283 |
| 6.2.2 | Desenvolvimento da Atividade (A02) – determinação de um conjunto de atributos | 285 |
| 6.2.3 | Desenvolvimento da Atividade (A03) – Categorização dos atributos nos aspectos da interoperabilidade..... | 303 |
| 6.2.4 | Desenvolvimento da Atividade (A04) – Aplicar ferramentas de decisão multicritério e matriz de influência de interoperabilidade..... | 315 |
| 6.3 | APLICAÇÕES PARA O MODELO MAIGEI..... | 329 |
| 7 | PESQUISA DE CAMPO..... | 332 |
| 7.1 | APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO ORGANIZACIONAL PARA UM SGE – DIAGNÓSTICO | 332 |
| 7.1.1 | Teste Piloto..... | 333 |
| 7.1.2 | Descrição do Estudo de Caso | 334 |
| 7.1.3 | Resultado do estudo de caso | 336 |
| 7.1.4 | Validade e confiabilidade do estudo de caso..... | 347 |
| 7.1.5 | Relatório do diagnóstico da empresa de Papel e Celulose. | 347 |
| 7.2 | AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE INTRA-ORGANIZACIONAL . | 348 |
| 7.2.1 | Diagnostico da Interoperabilidade Intra-Organizacional na Gestão da Energia na Indústria – DIOGEI - atividade AC1..... | 349 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7.2.2 | Posicionamento da organização quanto à compatibilidade intra-organizacional para a interoperabilidade do SGE - atividade AC2. | 355 |
| 7.2.3 | Relatório do diagnóstico da empresa Petroquímica..... | 372 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES..... | 375 |
| 8.1 | CONCLUSÕES..... | 375 |
| 8.1.1 | Verificação dos objetivos da pesquisa | 375 |
| 8.1.2 | Verificação das diretrizes formuladas | 379 |
| 8.1.3 | Verificação das questões de pesquisa..... | 381 |
| 8.2 | LIMITAÇÕES DA PESQUISA | 382 |
| 8.3 | RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 383 |
| 8.3.1 | Abordagem Engenharia Organizacional | 383 |
| 8.3.2 | Abordagem Interoperabilidade..... | 385 |
| 8.4 | COMENTÁRIOS FINAIS..... | 385 |
| | REFERÊNCIAS..... | 386 |
| | APÊNDICE A - ARTIGOS CORRELATOS..... | 408 |
| | APÊNDICE B - DOCUMENTO DE AVALIAÇÃO - QUESTIONÁRIO DELPHI.... | 418 |
| | APÊNDICE C - COMPARATIVO ENTRE SEMMES UTILIZADOS NO BRASIL. | 421 |
| | APÊNDICE D - MACRO PROCESSO DA RE DE UM SGE | 422 |
| | APÊNDICE E - MODELAGEM DO PROCESSO DA RE NA NOTAÇÃO <i>BPMN</i> | 423 |
| | APÊNDICE F - DOCUMENTOS DE AVALIAÇÃO EO – FT#3 E FT#5..... | 424 |
| | APÊNDICE G - DOCUMENTOS DE AVALIAÇÃO – INTEROPERABILIDADE.. | 427 |
| | APÊNDICE H - DESCRIÇÃO DOS ATRIBUTOS E REFERENCIAIS | 438 |
| | APÊNDICE I - RESULTADOS DA ANÁLISE AHP | 444 |

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Os desafios da sustentabilidade do planeta constam da agenda de governos, países, cidades, organizações e empresas, requerendo de todos, ações que tornem eficiente o uso da energia e recursos naturais com compromissos econômicos, responsabilidade social e preservação do meio ambiente. A questão energética envolve toda a sociedade, com reflexos expressivos principalmente para as indústrias de uso intensivo de energia (cimento, ferro e aço, papel e celulose, petroquímica, química, alumínio e vidro), também designadas de indústrias energo-intensivas (IEI), pelo seu grande consumo de energia e impactos para o meio ambiente.

Pode-se afirmar que, até o início dos anos de 1970, não havia risco ou preocupação mundial com o suprimento energético nas suas mais diversas formas. Nesta época não havia nas indústrias um sistema de gestão da energia (SGE) formalmente estabelecido, devido, em parte, ao baixo custo da energia e seu pequeno valor correspondente na composição final dos produtos manufaturados.

Também, em meados do ano de 1973, com a eclosão da primeira crise do petróleo, houve um aumento súbito de quatro vezes no valor do barril do petróleo, forçando os governos ao redor do mundo a adotarem medidas para minimizar os impactos no desenvolvimento econômico de seus países. No ano de 1979 surgiu a segunda crise do petróleo (Revolução Iraniana), elevando os preços a um patamar nove vezes mais alto que o preço original do início da década de 1970. Após estes fatos que repercutiram negativamente na economia de países importadores, observou-se na Europa e EUA o surgimento da “figura” do consultor externo de energia principalmente para as grandes indústrias.

O período compreendido entre o final dos anos 1970 e o final dos anos 1980 foi marcado por grandes acidentes ambientais, tais como: Acidente nuclear: *Three Mile Island*, Pensilvânia - EUA (1979); Acidente industrial-químico: *Bhopal* - Índia (1984); Acidente nuclear: *Chernobyl* - Ucrânia (1986) e desastre ambiental: *Exxon Valdez* Alasca - EUA (1989). Os desastres ambientais despertaram, em escala mundial, a preocupação com as questões do meio ambiente, principalmente com a poluição, segurança energética e a necessidade de fontes de energia renováveis. No ano de 1989 a ONU, reverberando as preocupações mundiais sobre as questões ambientais, lançou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), destacando o conceito de produção mais limpa.

No início da década de 1990, apresenta-se uma situação de profundas transformações políticas, econômicas e sociais. Nos aspectos econômico e ambiental, destacam-se a globalização da economia, privatizações e desregulações do setor elétrico, petróleo e gás, pressões ambientais relacionadas com a redução da poluição e dos gases de efeito estufa (GEE).

O avanço da tecnologia na área de semicondutores de potência propiciou a criação e comercialização do componente *Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBT). O surgimento de técnicas de controle (vetorial) e de motores de alto rendimento, revolucionou a área de acionamento de máquinas de corrente alternada com velocidade variável, através dos *Variable Speed Drives* (VSD), também designados inversores de frequência, o que propiciou melhorias expressivas na eficiência energética (EE) de toda a área de acionamento de máquinas. Estima-se que os motores elétricos são responsáveis por cerca de 30% do consumo total de energia elétrica no Brasil, e que existam mais de 300 milhões de motores em operação em todo o mundo, com consumo anual de cerca de 7.400 TWh, o que é equivalente a 40% da produção de energia elétrica mundial (WEG, 2017). Em outras áreas, os avanços tecnológicos para redução dos gastos com energia foram significativos, tais como na iluminação (lâmpadas compactas e a LED - *Light Emitter Diode*), na melhoria dos processos de fabricação de produtos e na cogeração de energia, entre outros.

O termo “Sistema de Gestão da Energia”, do inglês *Energy Management System* (EnMS), engloba as estruturas organizacionais e de informação, bem como os recursos técnicos necessários para tal (*software* e *hardware*, por exemplo). Relata-se na literatura científica a expressão “*Energy Efficiency Gap*” para discorrer sobre projetos e investimentos de EE que, mesmo econômica e tecnologicamente viáveis, não são efetivamente implantados nas indústrias ao redor do mundo (JAFFE e STAVINS, 1994; DECANIO, 1997; GROOT, 2001). Após várias pesquisas de campo, começaram a ser relacionados os problemas para uma eficiente GE na indústria. Os problemas foram rotulados na forma de barreiras, que podem ser de origem: (1) externa tais como (mercado, governo/política, fornecedores, tecnologia/serviços, projetistas, fabricantes, fornecedores de energia e financiadores); (2) intra-organizacional, na perspectiva econômica, comportamental e organizacional (WEBER, 1997; SORRELL et al., 2000; CAGNO, 2013; AFLAKI et al., 2013).

O Brasil também empreendeu ações de EE na área de combustíveis através da criação do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

A série de normas ISO 14000 - Sistemas de Gestão Ambiental - SGA em inglês: Environmental Management System (EMS) é lançada internacionalmente em 1996, apresentando os principais requisitos para a implantação de um sistema de gestão ambiental. O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional sobre Mudanças Climáticas, criado no âmbito das Nações Unidas e aprovado na cidade de Kyoto, no Japão, em 1997 e que entrou em vigor em 2005. Ao todo, 184 países ratificaram o tratado. Seu principal objetivo é estabilizar a emissão de GEE na atmosfera e assim diminuir o aquecimento global e seus impactos.

No início do século XXI, o Instituto Nacional Americano de Padrões, *American National Standards Institute* (ANSI), proporciona o lançamento, nos Estados Unidos, da norma MSE2000, como documento normativo nacional para a GE, baseado no ciclo PDCA.

Em 15 de março de 2004 foi criada por meio da Lei nº 10.847 a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), que tem o fim de prestar serviços na área de estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento do setor energético. No ano de 2009, é lançada pelo bloco da Comunidade Europeia, a norma EN16001, difundida para cada um dos países da comunidade, passando a designar-se BS16001 (Inglaterra), DIN16001 (Alemanha), etc. Em 2011, foi lançada simultaneamente no Brasil e em diversos países ao redor do mundo, a norma internacional ABNT NBR ISO 50001:2011 Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientação para uso, que se seguem com diversas outras normas no que se denomina série ISO 50000. As referidas normas apresentam-se como esforço internacional para criação de documento de consenso para a gestão da energia (GE). As normas padrões de GE publicadas ao longo do século XXI ampliaram a abordagem sobre a GE, anteriormente quase totalmente focada no que se denominou gestão pelo lado da demanda (*demand side* - lado do consumidor), para também incluir a gestão do suprimento de energia (*supply side* - lado do suprimento de energia).

Em vários países do denominado primeiro mundo (Europa, EUA e Ásia), verifica-se a evolução dos SGE através dos seguintes aspectos : (i) Várias empresas, algumas laudadas com prêmios de sustentabilidade já utilizam estrutura

organizacional formal tal como uma vice-presidência dedicada as questões energéticas e gestores energéticos com dedicação integral, (ii) Constituição de comitê de sustentabilidade junto aos conselhos diretivos da organização compondo as dimensões, ambiental (incluso energia), econômica e responsabilidade social. (iii) Integração do SGE com outros sistemas de gestão, tais como gestão dos processos da produção, gestão de qualidade (norma ABNT NBR ISO 9000), gestão ambiental (norma ABNT NBR ISO 14000), gases de efeito estufa (norma ABNT NBR ISO 14064), gestão de riscos (normas ABNT NBR ISO 31000), avaliação do ciclo de vida do produto (ACV - norma ABNT NBR ISO 14040), gestão de ativos (norma ABNT NBR ISO 55000), responsabilidade social corporativa (RSC - norma ABNT NBR ISO 26000), saúde e segurança no trabalho (SST - norma ABNT NBR ISO 18000 ou similar OHSAS 18001).

Relata-se na literatura científica uma forte tendência de pesquisa centrada em aspectos tecnológicos, pouco estudo e reduzida atenção com relação às questões organizacionais (THOLLANDER E PALM, 2010; SCHULZE, 2016; ATES e DURAKBASA, 2011). Por outro lado, vários autores argumentam que, mesmo com a disponibilização de normas de GE e de avanços tecnológicos, sem suporte organizacional e, mais especificamente, sem uma cultura de melhoria contínua para os SGE, as ações se tornam ineficazes (SCHULZE, 2016). Configura-se assim uma lacuna na pesquisa científica relativa aos aspectos organizacionais para a GE na indústria.

Em relação às barreiras organizacionais, de certa forma cada vez mais explicitadas, destacam-se em diferentes aspectos: (i) falta de um efetivo gerenciamento interno na empresa (coordenação); (ii) complexa cadeia de decisão; (iii) ausência de poder e influência do gestor energético; (iv) cultura organizacional que conduz à negligência de aspectos energéticos e ambientais; (v) pequena importância do programa de EE (não é o negócio principal da empresa); (vi) pequeno entendimento de como criar apoio para um projeto de EE; (vii) inércia organizacional para mudança da situação vigente; (viii) interesses divergentes; (ix) falta de coordenação interna; (x) falta de tempo (WEBER, 1997; SORRELL et al., 2000; CAGNO, 2013; AFLAKI et al., 2013).

Neste contexto a energia, bem produto essencial para o conforto, saúde, bem estar e desenvolvimento da sociedade, encontra-se inserida em grandes transformações, advindas de (i) desregulamentação dos setores elétrico, de petróleo

e gás, em inúmeros países; (ii) obstáculos em atender à demanda crescente; (iii) riscos e insegurança no suprimento; (iv) volatilidade de preços e acréscimos substanciais nos valores cobrados por concessionárias de eletricidade e gás; (v) disponibilidade da aplicação da geração distribuída (GD) com fontes renováveis; (vi) tecnologia Smart Grid; (vii) mobilidade elétrica; (viii) pressão pela redução de GEE; (ix) poluição ambiental, entre outros. A situação anteriormente descrita conduz a uma complexidade que requer novas abordagens e estudos para a GE.

Para se posicionarem frente a aspectos cruciais tais como (i) atendimento das necessidades de clientes cada vez mais exigentes e simpáticos às questões ambientais e energéticas; (ii) padrões de classe mundial; (iii) uso de benchmarking global; (iv) competição acirrada; e (v) mudanças impulsionadas pelo desenvolvimento tecnológico, as empresas requerem alterações na forma de atuação dos sistemas produtivos e de gerenciamento.

As dificuldades das empresas referentes as barreiras organizacionais em um SGE, podem ser melhor compreendidas através da abordagem da Engenharia Organizacional (EO), (em inglês *Enterprise Engineering*) e Interoperabilidade Organizacional, em inglês *Enterprise Interoperability* (EI).

A Engenharia Organizacional é um vasto campo de pesquisa multidisciplinar e sua principal preocupação é o desenvolvimento de métodos e ferramentas para a concepção e implementação de sistemas organizacionais, que abrangem elementos, tais como arquitetura corporativa, estrutura organizacional, sistemas de informação e processos de negócios (HOOGERVORST, 2009).

A Interoperabilidade Organizacional (IO) é a capacidade das empresas interagirem e trocarem informações entre si e com organizações externas (parceiros, fornecedores, clientes, cidadão), constituindo-se em uma questão-chave em aspectos econômicos. Também é definida como a capacidade do sistema em se comunicar com sistemas de seus pares e acessar suas funcionalidades (VERNADAT, 1996).

A IO analisa o ordenamento das arquiteturas de informação com os objetivos organizacionais e auxilia na cooperação dos processos de negócio.

Assim sendo, a aplicação de abordagens e técnicas abrangidas pela engenharia organizacional e interoperabilidade oferece oportunidades de estudar as relações que se estabelecem entre os diversos órgãos de uma empresa visando melhor gerir o uso e aplicação da energia. Neste cenário, surge a motivação que norteia a pesquisa para se desenvolver um estudo sobre a GE na IEI sob a abordagem

da engenharia organizacional e da interoperabilidade, aplicada em indústria de uso intensivo de energia instalada na região metropolitana de Curitiba, de tal modo que permita oferecer respostas e soluções para a problematização explicitada.

1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A realização desta pesquisa sobre a GE em indústrias de uso intensivo de energia sob a perspectiva da engenharia organizacional e de interoperabilidade é justificada pelos seguintes aspectos:

1 - O Brasil, com seus inúmeros recursos naturais, é considerado um país emergente e em desenvolvimento, necessitando de energia para que suas indústrias realizem as transformações da matéria prima em produtos tais como cimento, ferro, aço, papel, trazendo como consequência riquezas ao país. Conforme o Balanço Energético Nacional (BEN), publicado em 2016 e relativo ao ano de 2015, o consumo brasileiro de energia primária registrado foi de 260,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), distribuídos em: (i) 32,5% setor industrial; (ii) 32,2% setor de transporte; (iii) 14,4% setor de edificações/serviços; e (iv) 4,4% agropecuária, explicitando a importância do setor industrial para o consumo energético. Por outro lado, a energia consumida no Brasil é dependente de hidroeletricidade, a qual está em condições de esgotamento de aproveitamento e sujeita à insegurança de suprimento devido à dependência de condições climáticas. A segurança do suprimento energético na maioria dos países é uma questão vital e também de segurança nacional. Os preços do petróleo e gás têm apresentado grande volatilidade no mercado internacional, resultando em instabilidade no desempenho econômico financeiro das empresas. Esta situação leva à necessidade de novos modelos, estudos e alterações na GE da indústria, enfatizando aspectos de EE, uso e consumo de energia, GD e ações estratégicas de longo prazo, entre outras providências.

2 - As indústrias de uso intensivo de energia são fortemente dependentes de insumos energéticos, necessitando da aquisição de grandes volumes de energia e, eventualmente para alguns tipos de indústrias (cimento, papel), da construção de usinas hidroelétricas e termelétricas para suprir sua demanda energética. Tais fatos justificam a necessidade de novos modelos e estudos para a GE na indústria, já que aspectos tais como competição entre energia de fontes renováveis, preocupações

ambientais, poluição e GEE, influenciam na decisão de qual a melhor forma de adquirir insumos energéticos.

3 - O Brasil possui matriz energética majoritariamente limpa (predominam as fontes renováveis), onde a hidroeletricidade representa até oitenta por cento da geração total, o que causa dependência de ciclos hidrológicos incertos. Esta dependência de condições climáticas pode levar à falta de suprimento de energia elétrica em períodos de seca ou insuficiência de chuvas. Nesta situação, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) pode solicitar a ativação de usinas térmicas (gás e óleo diesel) com vistas a garantir a segurança do suprimento energético nacional, aumentando assim os custos de geração e a emissão de poluentes. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu, em 2015, bandeiras tarifárias nas cores verde, amarela e vermelha que refletem o acréscimo no preço do quilowatt-hora da energia tarifada, a fim de repassar aos clientes a diferença no custo de geração em épocas de estiagem. Isto enseja a oportunidade de realizar uma gestão mais eficiente no uso e consumo da energia elétrica pelas indústrias e consumidores em geral.

4 - O sistema produtivo, por exigir um aporte de capital intenso, sofrer forte competição no mercado e precisar atender necessidades de clientes cada vez mais exigentes, resulta na inevitabilidade de reduzir custos e melhorar a produtividade sem afetar a qualidade dos produtos. A energia elétrica é um dos principais insumos energéticos da indústria brasileira, apresentando grande volatilidade nos preços. Ao analisar o histórico do custo da energia elétrica para as indústrias no Brasil, registra-se aumento significativo nos últimos três anos, passando de R\$ 249,01 por MWh em 2014 para R\$ 393,85 por MWh em 2016 (aumento de 58,16%). O aumento significativo nos custos é extremamente impactante para as IEI, haja vista o seu grande consumo energético e a composição no preço final dos produtos e serviços ofertados.

5 - A ONU - Organização das Nações Unidas, através de seu organismo UNIDO - *United Nations Industrial Development Organization* - patrocinou em 2007 reuniões de grupos de trabalho que através da ISO-*Internacional Standardization for Organizacion* resultaram na emissão em 2011 da norma ISO 50001:2011 *Energy Management Systems — Requirements with guidance for use*. Com o lançamento em junho de 2011, simultaneamente no Brasil e em diversos países ao redor do mundo, da norma internacional de gestão da energia ABNT NBR ISO 50001:2011 Sistemas

de Gestão da Energia - Requisitos com orientação para uso, disponibilizou-se um documento de consenso e opinião de especialistas de âmbito global em consonância com as séries de normas da ISO 9000 Gestão da Qualidade e ISO 14000 Gestão Ambiental. Decorridos seis anos, os dados publicados pelo site da ISO Internacional referente às empresas certificadas, apresentam números desfavoráveis para o Brasil. O país que registra o maior número de certificações ISO 50001 é a Alemanha, com 5931 empresas certificadas, seguido pelo Reino Unido com 1464, França com 500, e entre outros países, o Brasil com apenas 33. Registre-se que embora os EUA apresentem somente 53 empresas certificadas pela ISO 50001, o mesmo possui uma norma padrão nacional de GE desde o ano de 2000, a ANSI MSE 2000, que possui atualmente muitas empresas certificadas, o que não é o caso do Brasil. Portanto a realização de um estudo fundamentado na citada norma oferecerá maiores informações e discussões sobre as vantagens de sua utilização.

6 - No estudo de EE realizado pelo *American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE)*, dentre 23 países selecionados e ranqueados globalmente quanto aos aspectos de (i) esforços governamentais, (ii) edificações, (iii) indústria e (iv) transporte, o Brasil alcançou a posição desfavorável de 22º lugar. No que se refere somente ao segmento das indústrias, o Brasil situou-se em 20º lugar. Esta avaliação da situação da EE no Brasil, realizada por organismos externos, demonstra a grande oportunidade que nosso país expõe para ações relativas à GE. O relatório aponta grande oportunidade para melhoria da EE nas indústrias, sendo destacadas, entre outras iniciativas apropriadas, a utilização de gestor energético, auditorias energéticas periódicas e o maior e melhor uso de cogeração de energia. No Brasil, somente um por cento da eletricidade consumida é produzida por cogeração.

7 - A Organização das Nações Unidas (ONU), através de seu organismo United Nations Industrial Development Organisation (UNIDO), em seu programa sobre EE aplicado em países com economia emergente, não contempla atividades no Brasil o que demonstra falta de atenção governamental e de outras instituições brasileiras para o estudo de tema tão relevante.

8 - A Confederação Nacional das Indústrias (CNI), em parceria com a Eletrobrás e o Procel realizou, no ano de 2009, um amplo estudo sobre oportunidades de EE (CNI, 2009), abrangendo mais de 200 projetos em diversos setores industriais do Brasil. As conclusões do referido estudo foram apresentadas na forma de um relatório, que destaca que (i) a indústria não é prioridade nos programas

governamentais de EE, apesar de ser a maior consumidora de energia; (ii) não existe uma política governamental de longo prazo específica para o uso eficiente da energia na indústria; (iii) a economia de energia em ações de EE no setor industrial gera benefícios e ganhos sociais, ambientais e de competitividade para toda a sociedade. O relatório apresenta ainda experiências internacionais no assunto, baseado na análise de 63 programas de 13 países incluídos na União Européia, e destaca a existência de apoio governamental direto às ações de EE industrial nestes países - “Setores industriais intensivos em consumo de energia de países concorrentes do Brasil recebem apoio de seus governos para desenvolver projetos de EE” . Estes relatos demonstram a carência de investimentos em políticas governamentais específicas para o uso eficiente da energia nas indústrias nacionais, justificando a necessidade de mais estudos e divulgação sobre a GE nas indústrias brasileiras.

9 - A reestruturação do setor elétrico realizada na década de 1990, no Brasil e em muitos países ao redor do mundo, alterou a forma tradicional das etapas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que passaram a ser realizadas por entidades distintas. Neste contexto, surge no Brasil o segmento de comercialização da energia elétrica, não existente até então, introduzindo o conceito de mercado livre de energia elétrica e alterando substancialmente o relacionamento entre todas as partes interessadas. Este novo modelo do setor elétrico oferece novas oportunidades para uma melhor gestão da aquisição da energia elétrica sob o ponto de vista do consumidor (indústria). Este tema é discutido neste trabalho de pesquisa.

10 - GD é a expressão utilizada para designar a geração de energia elétrica de forma descentralizada, realizada junto ou próxima de onde a energia será utilizada, estando regulamentada no Brasil através do decreto nº 5.163/04. A GD engloba as tecnologias de geração: (i) solar; (ii) eólica; (iii) hidrelétrica com potência menor ou igual a 30 MW; (iv) termelétrica com rendimento superior ou igual a 75%; (v) termelétrica que utilize biomassa ou resíduos de processo como combustível; (vi) sistemas de armazenamento de energia diversos. A alternativa de se realizar a geração de energia nas suas mais diversas formas no próprio local da indústria e eventualmente comercializar os excedentes de geração, requer novos conhecimentos, estudos e abordagens para possibilitar que a organização realize tais atividades. Atualmente, o Brasil já dispõe de mais de 10.000 pontos de conexões de GD, conforme relatório da ANEEL publicado no início de maio de 2017.

11 - O desenvolvimento de novas tecnologias tais como *Smart Grid*, que se constitui de uma rede de distribuição de energia elétrica automatizada, com gestão integrada de sua infraestrutura e serviços, a qual possibilita a aquisição de informações e ações em tempo real, assegurando a qualidade e o oferecimento de serviços agregados aos consumidores, possibilita novas oportunidades para uma melhor GE na indústria.

12 - A implementação de SGE em grandes corporações pode atuar como um catalizador para toda a cadeia de fornecedores e a sociedade de modo geral, oferecendo oportunidade de disseminação das melhores práticas desenvolvidas para a GE. Uma bem sucedida gestão energética pode resultar em ações que contribuem para a redução de gases do efeito estufa, menores impactos ambientais e desenvolvimento de uma cultura favorável às questões ambientais e energéticas.

13 - As barreiras para uma bem sucedida GE são de várias naturezas: (i) externa, tais como mercado, governo/política, fornecedores, tecnologia/serviços, projetistas, fabricantes, fornecedores de energia e financiadores; (ii) intra-organizacional, nos aspectos econômico comportamental e organizacional. As barreiras organizacionais constituem-se de dificuldades, que podem ser revertidas através do melhor entendimento das atividades que compõem o processo da GE, seus principais atores e partes interessadas (WEBER, 1997; SORRELL et al., 2000; CAGNO, 2013; AFLAKI et al., 2013). Nesta situação, novas abordagens tais como a perspectiva da engenharia organizacional e da interoperabilidade oferecem ferramentas que podem auxiliar na remoção das citadas barreiras. Destaca-se ainda que as ações de melhoria do desempenho organizacional para GE podem ser realizadas localmente (no próprio país), sem grandes investimentos, e com nenhuma dependência de importação de equipamentos e capital.

14 - A utilização do gestor energético e de equipes de GE multidisciplinares, previstas nas diversas normas de GE, inclusive na série ISO 50000, são raramente empregadas em indústrias do país. Portanto este trabalho de pesquisa também avaliará as implicações da aplicabilidade deste formato organizacional e da interoperabilidade entre as diversas partes interessadas.

15 - As empresas de conservação de energia designadas de ESCO estão em grande expansão ao redor do mundo, atuando como supridoras de serviços especializados em conservação de energia, podendo inclusive atuar com contratos de “performance”. No Brasil em maio de 2017, estavam registradas na Associação

Brasileira de Serviços de Conservação de Energia, (ABESCO) noventa empresas. Esta alternativa de realizar serviços de conservação de energia tem uso limitado no Brasil e, por conseguinte, pouca compreensão de sua interação com as indústrias contratantes, principalmente no aspecto organizacional.

16 - A oportunidade de avançar com trabalhos anteriormente realizados e em desenvolvimento por grupos de pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) em GE, engenharia organizacional e interoperabilidade. As pesquisas irão permitir realizar outros tipos de avaliações da interoperabilidade organizacional (AIO), mensurar potencial e desempenho, inter-organizacional e a priori.

1.2 RELEVÂNCIA E ORIGINALIDADE

A relevância e originalidade deste trabalho de pesquisa estão caracterizadas pelos seguintes aspectos:

- i. A realização de uma exaustiva revisão sistemática da literatura sobre o tema da pesquisa envolvendo um banco bruto inicial contendo 14072 artigos científicos.
- ii. O tema da GE na indústria caracteriza-se como interdisciplinar envolvendo múltiplos fatores de interesse e áreas de conhecimento, tais como engenharia, administração, contabilidade, finanças, economia, ambiental, etc. As indústrias de uso intensivo de energia são empresas extremamente importantes para o crescimento econômico de qualquer país, seja pelo grande consumo de energia e sua operação sujeita a grandes impactos ambientais.
- iii. As pesquisas científicas sobre a GE nas indústrias estão preponderantemente focadas em melhorias de sistemas e aspectos tecnológicos relativos à EE, e são relativamente escassos os trabalhos sobre aspectos organizacionais, explicitando uma lacuna na pesquisa científica mundial e oportunidades do trabalho contribuir para o avanço do conhecimento no tema.
- iv. A originalidade do trabalho proposto esta na abordagem diferenciada com relação à utilização da abordagem da Engenharia Organizacional e da Interoperabilidade para melhor compreensão das barreiras organizacionais e oferecer modelos, *framework*, ferramentas técnicas e mecanismos para contribuir para transpor as barreiras e melhorar o desempenho energético das organizações.

- v. Elaboração de mapa conceitual sobre a concepção de processo para um SGE fundamentado na norma ISO 50001 e boas práticas citadas na literatura explicitando as relações existentes entre os atores principais envolvidos. O mapeamento do domínio da GE na IEI funciona como um passo inicial na criação de uma ontologia para esta área de conhecimento.
- vi. Também se relata pouco estudo e atenção com relação às barreiras organizacionais. Por outro lado, alguns modelos propostos ainda não permitem estabelecer um formato que detalhe condições para auxiliar na solução das barreiras organizacionais. Esse trabalho de pesquisa formula, sob a dimensão da disciplina gerencial do gerenciamento de processos de negócios, também designada de *Business Process Management (BPM)*, um desenho (projeto) de processo para um SGE na indústria de uso intensivo de energia com base na Norma ISO 50001 e boas práticas citadas na literatura permitindo melhor compreensão das atividades, auxiliar na tomada de decisão, automatizar processos, habilitar a colaboração, alinhar o processo com a estratégia, etc. contribuindo com a remoção ou superação das barreiras organizacionais.
- vii. Conforme a autora SCHRECK (2015) da unidade de EE industrial da United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) o estabelecimento da ISO 50001 significa mudança mas não somente acerca de tecnologia e engenharia, mas principalmente sobre pessoas, processos e práticas. Configura-se assim a relevância e oportunidade pela utilização das ferramentas da engenharia organizacional e da interoperabilidade.
- viii. A complexidade do tema também está associada à quantidade de fatores de influência e barreiras de diversas naturezas: externas, tais como mercado, governo/política, fornecedores, tecnologia/serviços, projetistas, fabricantes, fornecedores de energia e financiadores; intra-organizacional, nos aspectos econômicos comportamentais e organizacionais.
- ix. Os autores SLACK et al. (2009) apresentam como os grandes desafios na atualidade para a gestão das operações da manufatura, a responsabilidade ambiental, responsabilidade social corporativa, globalização, tecnologia e a gestão do conhecimento. Assim sendo, considerando que a dimensão ambiental engloba a questão energética, conclui-se também pela relevância do tema objetivo do estudo proposto.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

QP1 - Quais são as práticas de GE utilizadas pela IEI?

QP2 –Como estudar a GE na IEI considerando requisitos de engenharia organizacional?

QP3 - Como estudar a GE na IEI considerando requisitos de interoperabilidade?

QP4 - Qual a utilidade, factibilidade e usabilidade de um modelo de GE na IEI fundamentado em requisitos de engenharia organizacional?

QP5 - Quais são os desafios para implantação de um modelo de GE na IEI fundamentado nos requisitos de interoperabilidade?

QP6 - Em que nível de 'completude' ou de implantação o modelo proposto de GE encontra-se na realidade da IEI?'

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo sobre a GE em IEI através das perspectivas da engenharia organizacional e da interoperabilidade.

1.4.2 Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo proposto, torna-se necessário atender aos seguintes objetivos específicos:

OE1. Realizar uma revisão sistemática da literatura com definição de um portfolio bibliográfico e exploração do conteúdo.

OE2. Propor um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para um SGE em indústrias energo-intensivas e realizar um estudo *delphi* para referendo.

OE3. Desenvolver uma concepção de processo para um SGE na indústria, apresentando um framework para apoiar o entendimento.

OE4. Elaborar um mapa conceitual para apoiar o entendimento de uma concepção de processo para um SGE na indústria.

OE5. Propor e modelar, sob uma abordagem de gestão por processos de negócios o processo chave designado de revisão energética (RE) na notação *Business Process Modeling Notation* (BPMN).

OE6. Desenvolver um modelo de avaliação da interoperabilidade na GE na indústria, identificando ferramentas de decisão multicritério apropriadas.

OE7. Explorar a aplicação das diretrizes da engenharia organizacional e de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para avaliar o potencial organizacional de uma indústria energo-intensiva em uma concepção de processo de um SGE , através de um estudo de caso.

OE8. Explorar a aplicação de um modelo de avaliação da interoperabilidade em um SGE de uma IEI para avaliação da interoperabilidade intra-organizacional.

1.5 PROPOSIÇÃO DA PESQUISA

A proposição inicial do pré-projeto de pesquisa, apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) tinha como objetivo o estudo da GE, utilidades, e parâmetros ambientais sob uma abordagem da Engenharia Organizacional e da estratégia da sustentabilidade.

Com o desenvolvimento de atividades nas disciplinas formativas do curso de doutorado e participação em seminários de pesquisa, consolidou-se a ideia de estudar a GE em indústrias de uso intensivo de energia, haja vista seu grande consumo energético e impactos ambientais decorrentes. Nesta situação a questão energética tomou grande preponderância face aos demais aspectos relacionados com a sustentabilidade (econômica, social e ambiental). O escopo teve que ser reduzido, para somente atender a área de conhecimento relacionado com energia, focado em indústrias energo-intensivas devido à grande amplitude do tema.



Figura 1 - Projeto da tese.
Fonte: O autor, 2018.

O projeto da tese mostrado na Figura 1 tem o objetivo de indicar a lógica e a estratégia em que se transcorre o desenvolvimento do trabalho, o qual está dividido em aspectos teóricos e instrumentais. Os aspectos teóricos referem-se a construção de conjunto, procedimento metodológico e modelo teórico e o aspecto instrumental na perspectiva da definição das técnicas e procedimentos para o trabalho de campo.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

Propõe-se a estrutura apresentada na Figura 2, para o documento final do trabalho de tese e seu respectivo desdobramento em capítulos, seguido da descrição dos conteúdos abordados em cada capítulo:

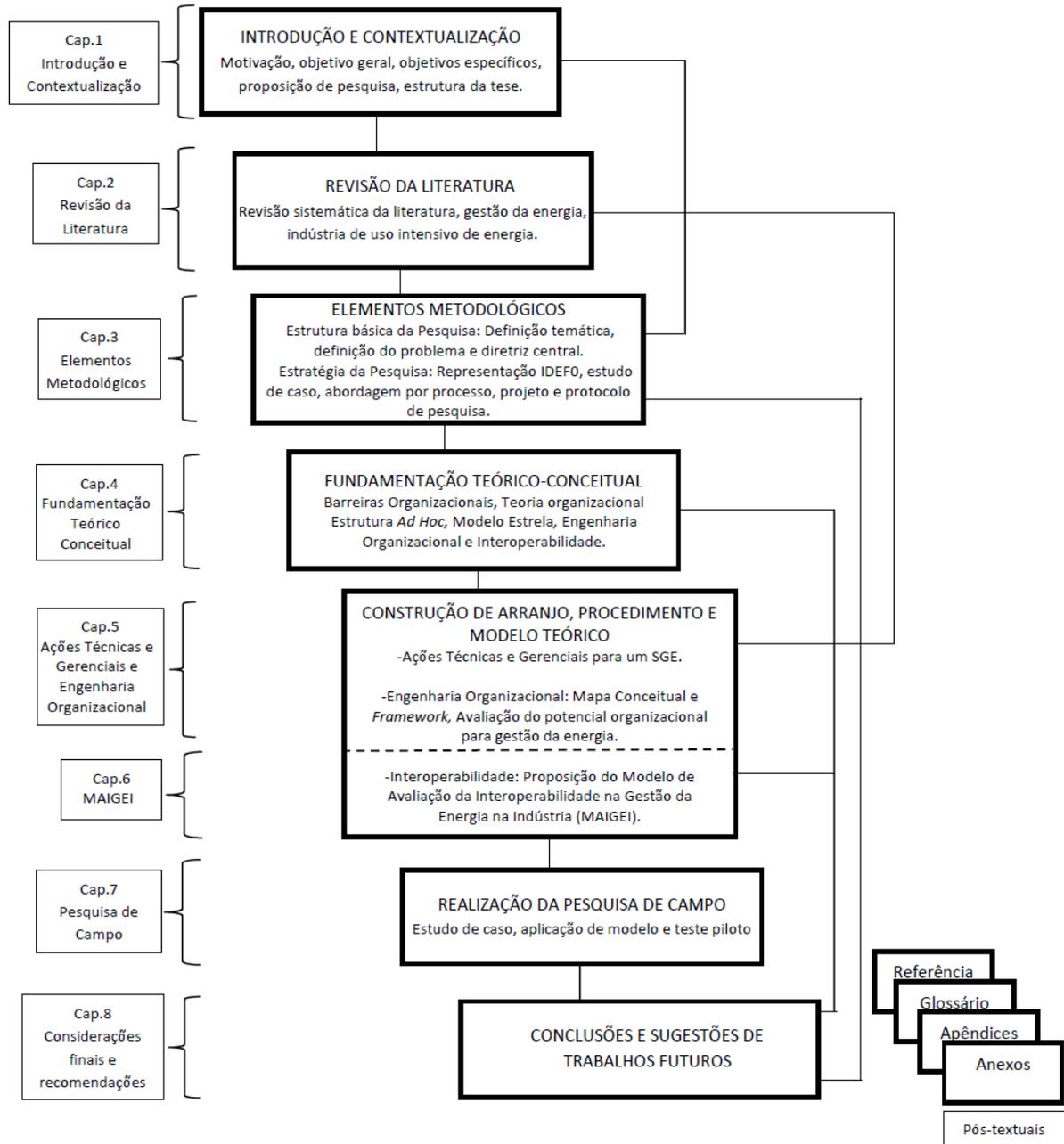


Figura 2 - Organização dos capítulos da tese.
Fonte: O autor, 2018.

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Apresenta a introdução e contextualização do tema abordado. Também são descritos a justificativa, relevância e originalidade do trabalho. As questões de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e a proposição da pesquisa definem o que se pretende alcançar ao longo do desenvolvimento do trabalho. Finalizando o capítulo, descreve-se a estrutura da tese na forma de capítulos.

Capítulo 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, dedicado à revisão da literatura apresenta-se uma revisão sistemática da literatura através do método Proknow-C. Relata-se a exploração do conteúdo sobre o portfólio bibliográfico selecionado, destacando as práticas de gestão, normas, barreiras e lacunas da pesquisa de natureza organizacional para um bem sucedido SGE. Além disso, a exploração do conteúdo resultou na seleção de artigos adicionais que passam a constituir juntamente com o portfólio bibliográfico selecionado os designados artigos correlatos. Descreve-se uma composição de definições sobre o tema da GE nas indústrias de uso intensivo de energia. Também são detalhados os aspectos relevantes sobre questões energéticas para cada tipo de indústria de uso intensivo selecionada. Finaliza-se o capítulo com a elaboração de um glossário.

Capítulo 3 – ELEMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo relata os elementos metodológicos aplicados para a realização da pesquisa, conforme os seguintes aspectos:

- (i) Estrutura básica da pesquisa com a definição temática, definição do problema e das diretrizes da pesquisa;
- (ii) Estratégia da pesquisa com representação IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*) das fases da pesquisa, utilização do método Delphi, método estudo de caso (abordagem por processo), pesquisa-ação, auditoria da manufatura e finalmente o projeto e protocolo de pesquisa que estarão apresentados em um apêndice.

Capítulo 4 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

O capítulo contém a fundamentação teórica e conceitual, analisando os aspectos de (i) barreiras organizacionais; (ii) teoria organizacional; (iii) estrutura organizacional Ad Hoc; (iv) estrela de Galbraith; (v) engenharia organizacional; (vi) Interoperabilidade.

Capítulo 5 - AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS E ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

Este capítulo apresenta:

- (i) Desenvolvimento de um conjunto de ações técnicas e gerenciais como fundamento para criar, organizar e conduzir um SGE realizando um estudo Delphi para referendo.
- (ii) Concepção de processo para um SGE aplicado à indústria de uso intensivo de energia conforme a disciplina gerencial designada de Gerenciamento de Processos de Negócios (*BPM*). Também é apresentado um framework para apoiar o entendimento e modelagem do processo chave designado “RE”.
- (iii) Construção e detalhamento de um mapa conceitual sobre uma concepção de processo de SGE aplicado a IEI, explicitando as relações entre órgãos externos e áreas funcionais internas envolvidas.
- (iv) Aplicação das diretrizes da engenharia organizacional e de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas, para estruturar um diagnóstico da concepção de um processo de um SGE, constituindo-se em um procedimento de avaliação do potencial organizacional de uma empresa para realizar o SGE.

Capítulo 6 – MODELO DE AVALIAÇÃO PARA INTEROPERABILIDADE DA GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA – MAIGEI

Este capítulo apresenta o desenvolvimento de: proposição de um modelo de avaliação da interoperabilidade organizacional (AIO) no domínio de um SGE, em uma estrutura intra organizacional de uma IEI.

Capítulo 7 - PESQUISA DE CAMPO

Neste capítulo é desenvolvida a pesquisa de campo para justificar e validar o procedimento e modelos desenvolvidos nos capítulos 5 e 6. A pesquisa de campo utiliza-se do método de estudo de caso, para avaliar o potencial organizacional de uma concepção de processo para o SGE em uma IEI. Também é verificada a aplicação do modelo de avaliação para interoperabilidade da GE na indústria (MAIGEI), visando a AIO entre áreas intra-organizacionais.

Capítulo 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões com respeito à (i) Verificação dos objetivos da pesquisa; (ii) Verificação das diretrizes da pesquisa formuladas; (iii) Relatadas as respostas as questões de pesquisa; (iv) Limitações da pesquisa; (v) Sugestões para trabalhos futuros; (vi) Comentários finais.

Tambem são destacadas a avaliação do potencial para uma concepção de processo do SGE em uma IEI e a aplicação de um modelo de avaliação da interoperabilidade em um SGE de uma IEI para avaliação da interoperabilidade intra-organizacional, que são aspectos importantes para suportar a defesa da tese.

Elementos pós-textuais - Composto por Referências, Apêndices, Anexos e um Glossário. Os apêndices contêm basicamente folhas tarefas e documentos de avaliação utilizados na pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura é uma das etapas mais importantes de um projeto de pesquisa e deve apresentar as seguintes características: (i) metodologicamente analisar e sintetizar uma literatura de qualidade; (ii) fornecer uma base sólida para um tema de pesquisa; (iii) fornecer uma base sólida para a seleção de metodologia de pesquisa; (iv) demonstrar que a pesquisa proposta contribui com algo novo para o corpo geral do conhecimento ou avanços da base de conhecimento do campo de pesquisa (LEVY e ELLIS, 2006).

2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Uma revisão sistemática da literatura (RSL) é um meio de identificar, avaliar e interpretar todos os artigos e pesquisas disponíveis e relevantes para a questão de pesquisa específica, área temática ou fenômeno de interesse. (KITCHENHAM, 2004). Uma revisão da literatura eficaz é aquela que cria uma base sólida para o avanço do conhecimento, facilitando o desenvolvimento da teoria, fechando áreas onde existe uma infinidade de pesquisas e descobrindo áreas onde a pesquisa é necessária (WEBSTER e WATSON, 2002). As revisões sistemáticas utilizam metodologias explícitas e transparentes que são replicáveis e atualizáveis. As RSL envolvem conforme (SORRELL, 2007) os seguintes aspectos:

- Especificação clara da(s) pergunta(s) da pesquisa a serem abordadas.
- Pesquisa sistemática e exaustiva das literaturas disponíveis.
- Aplicação de critérios explícitos para a inclusão ou exclusão de estudos.
- Avaliação da qualidade dos estudos incluídos usando critérios transparentes e padronizados.
- Resumo e sintetização dos resultados de maneira objetiva.
- Divulgação efetiva dos resultados para o público adequado.
- Atualização dos resultados da revisão em intervalos, quando novas pesquisas se tornam disponíveis.

O “Portal de Periódicos CAPES” é a maior biblioteca virtual de informação científica do mundo, contendo mais de 37.000 títulos de revistas acadêmicas (periódicos) em texto completo, mais de 250.000 documentos entre capítulos de livros

eletrônicos, relatórios e outros tipos de publicações. Os arquivos encontram-se distribuídos entre as 126 bases de dados disponíveis (CAPES, 2016).

2.1.1 Método ProKnow-C

O método estruturado de revisão da literatura *Knowledge Development Process - Constructivist* (ProKnow-C) (ENSSLIN et al., 2010), criado para a seleção de artigos relevantes na literatura científica, constitui-se de três fases principais: (i) investigação Inicial, (ii) reconhecimento científico dos Artigos e (iii) análise Bibliométrica.

2.1.1.1 Investigação Inicial

A Investigação Inicial tem por objetivo realizar a filtragem do banco de artigos bruto, sendo operacionalizado em seis etapas: (i) seleção de três artigos de relevância no tema da pesquisa na literatura científica e leitura completa dos mesmos; (ii) definição das palavras-chave (PCs) e critérios de busca na literatura científica; (iii) definição das bases de dados a serem pesquisadas; (iv) formação do banco de artigos bruto; (v) teste de aderência das palavras-chave; (vi) filtragem dos artigos por exclusão dos repetidos e pelo alinhamento ao título. A Figura 3 representa um resumo desta fase em forma de fluxograma.

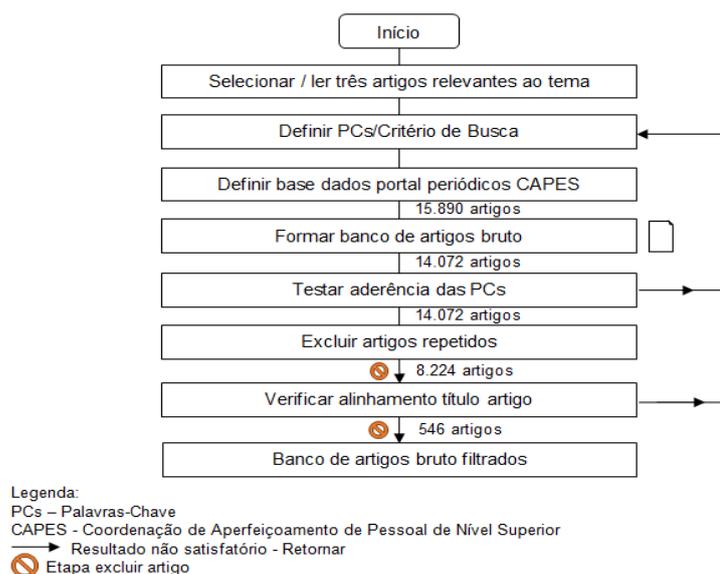


Figura 3 - Fluxograma da Investigação Inicial - Método ProKnow-C.

Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.2 Seleção e Leitura de Três Artigos Relevantes ao Tema

A etapa de seleção de três artigos de relevância ao tema da pesquisa na literatura científica que apresentem grande alinhamento entre o título e o objetivo da pesquisa foi realizada no banco de dados disponível no portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), organização escolhida em função do alcance e reconhecimento da comunidade científica brasileira. Os três artigos selecionados são relacionados abaixo:

THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 12, p. 1125-1133, 2010.

SIVILL, L., MANNINEN, J., HIPPINEN, I., & AHTILA, P. Success factors of energy management in energy-intensive industries: Development priority of energy performance measurement. *International Journal of Energy Research*, v. 37, n. 8, p. 936-951, 2013.

ATES, S. A.; DURAKBASA, N. M. Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey. *Energy*, v. 45, n. 1, p. 81-91, 2011.

A leitura integral dos três artigos selecionados propicia identificar as palavras-chave mais utilizadas e representativas no meio científico relacionado ao tema da pesquisa. As palavras-chave da busca são dispostas na forma de dois “eixos” que correspondem a uma composição em que estão unidas por operadores booleanos, *And/Or*, por exemplo, compondo uma *string* de busca.

2.1.1.3 Definição das Palavras-Chave e Critérios de Busca

A leitura dos artigos proporciona a definição de cinco palavras-chave para o “eixo 1”, um operador *booleano* e uma área de aplicação do estudo para compor o “eixo 2”, que para este trabalho foi selecionada a expressão *industr**, utilizada dessa forma para que a pesquisa alcance suas variações, tais como *industries*, *industry*, *industrial*, etc. As palavras-chave de busca são apresentadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Palavras-Chave.

| Eixo 1 | Op. Booleano | Eixo 2 |
|---------------------|---------------------|---------------|
| Energy Management | AND | Industr* |
| Energy Efficiency | AND | Industr* |
| Energy Conservation | AND | Industr* |
| Energy Saving | AND | Industr* |
| Energy Consumption | AND | Industr* |

Fonte: O autor, 2018.

Uma vez reconhecidas as palavras-chave, são definidos os seguintes critérios de busca no portal CAPES: (i) busca avançada no assunto com período menor que 20 anos (1996 a 2015); (ii) seleção de artigos com texto integral disponível em inglês e periódicos revisados por pares. O resultado da busca é mostrado na Tabela 2 e Figuras 4 a 8.

Tabela 2 - Resultado da busca nº de artigos Portal CAPES.

| Palavras Chave | Nº de artigos |
|----------------------------------|----------------------|
| Energy Management AND industr* | 6661 |
| Energy Efficiency AND industr* | 2176 |
| Energy Conservation AND industr* | 3708 |
| Energy Saving AND industr* | 55 |
| Energy Consumption AND industr* | 3290 |
| TOTAL | 15890 |

Fonte: O autor, 2018.

| | |
|--|---|
| <p>Palavra-Chave: Energy Management AND Industr*</p> <p>Total de Artigos da Pesquisa: 6661</p> | OneFile (GALE)(4.343) |
| | SciVerse ScienceDirect (Elsevier)(1.204) |
| | SpringerLink (406) |
| | MEDLINE/PubMed (NLM)(177) |
| | SciTech Connect (OSTI)(152) |
| | Wiley Online Library (118) |
| | JSTOR Archival Journals (75) |
| | IEEE Journals & Magazines (64) |
| | Emerald Journals (Emerald Group Publishing)(31) |
| | SpringerLink Open Access (23) |
| | Sage Publications (CrossRef)(16) |
| | Directory of Open Access Journals (DOAJ)(14) |
| | ERIC (U.S. Dept. of Education)(9) |
| | American Society of Civil Engineers (CrossRef)(9) |
| | Oxford Journals (Oxford University Press)(8) |
| | INFORMS Journals (7) |
| | Wiley (CrossRef)(2) |
| IOPscience (Institute of Physics)(1) | |
| Medknow Publications (1) | |
| ACM Digital Library (1) | |

Figura 4 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Management AND Industr*.

Fonte: O autor, 2018.

| | |
|--|---|
| <p>Palavra-Chave: Energy Efficiency AND industr*</p> <p>Total de Artigos da Pesquisa: 2176</p> | OneFile (GALE)(1.254) |
| | SciVerse ScienceDirect (Elsevier)(553) |
| | SpringerLink (132) |
| | SciTech Connect (OSTI)(66) |
| | MEDLINE/PubMed (NLM)(38) |
| | Wiley Online Library (36) |
| | IEEE Journals & Magazines (35) |
| | JSTOR Archival Journals (13) |
| | Directory of Open Access Journals (DOAJ)(11) |
| | Emerald Journals (Emerald Group Publishing)(9) |
| | SpringerLink Open Access (6) |
| | American Chemical Society (CrossRef)(6) |
| | American Society of Civil Engineers (CrossRef)(4) |
| | IngentaConnect(3) |
| | INFORMS Journals (3) |
| | BioOne (2) |
| | Oxford Journals (Oxford University Press)(2) |
| | IOPscience (Institute of Physics)(1) |
| | Annual Reviews (CrossRef)(1) |
| | PMC (PubMed Central)(1) |

Figura 5 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Efficiency AND Industr*.
Fonte: O autor, 2018.

| | |
|--|--|
| <p>Palavra-Chave: Energy Conservation AND industr*</p> <p>Total de Artigos da Pesquisa: 3708</p> | OneFile (GALE)(1.806) |
| | SciVerse ScienceDirect (Elsevier)(616) |
| | SciTech Connect (OSTI)(536) |
| | SpringerLink (235) |
| | MEDLINE/PubMed (NLM)(139) |
| | American Chemical Society (CrossRef)(135) |
| | Wiley Online Library (77) |
| | IEEE Journals & Magazines (68) |
| | American Society of Civil Engineers (CrossRef)(13) |
| | ERIC (U.S. Dept. of Education)(12) |
| | SpringerLink Open Access (11) |
| | JSTOR Archival Journals (11) |
| | IngentaConnect (10) |
| | Sage Publications (CrossRef)(10) |
| | Journals.ASM.org (American Society of Microbiology)(8) |
| | Emerald Journals (Emerald Group Publishing)(6) |
| | Directory of Open Access Journals (DOAJ)(5) |
| | Wiley (CrossRef)(5) |
| | SAGE Journals (4) |
| | Medknow Publications (1) |

Figura 6 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Conservation AND Industr*.
Fonte: O autor, 2018.

| | |
|--|---|
| <p>Palavra-Chave: Energy Saving AND industr*</p> <p>Total de Artigos da Pesquisa: 55</p> | SciVerse ScienceDirect (Elsevier)(21) |
| | OneFile (GALE)(20) |
| | Directory of Open Access Journals (DOAJ)(6) |
| | SpringerLink (4) |
| | Wiley Online Library (3) |
| | Wiley (CrossRef)(1) |

Figura 7 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Saving AND Industr*.
Fonte: O autor, 2018.

| | |
|---|--|
| <p>Palavra-Chave: Energy Consumption AND industr*</p> <p>Total de Artigos da Pesquisa: 3290</p> | OneFile (GALE)(1.492) |
| | SciTech Connect (OSTI)(536) |
| | SciVerse ScienceDirect (Elsevier)(531) |
| | SpringerLink (267) |
| | American Chemical Society (CrossRef)(130) |
| | IEEE Journals & Magazines (82) |
| | MEDLINE/PubMed (NLM)(79) |
| | Wiley Online Library (78) |
| | JSTOR Archival Journals (17) |
| | American Society of Civil Engineers (CrossRef)(14) |
| | Emerald Journals (Emerald Group Publishing)(11) |
| | SpringerLink Open Access (9) |
| | IngentaConnect (9) |
| | Directory of Open Access Journals (DOAJ)(9) |
| | Sage Publications (CrossRef)(9) |
| | Journals.ASM.org (American Society of Microbiology)(8) |
| | Nature Publishing Group (CrossRef)(3) |
| | Project MUSE (3) |
| | Mary Ann Liebert (CrossRef)(2) |
| | PMC (PubMed Central)(1) |

Figura 8 - Bases de dados que contemplam a palavra-chave Energy Consumption AND Industr*.
Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.4 Definição das Bases de Dados

A definição das bases de dados realiza-se a partir da pesquisa das palavras-chave utilizando os critérios de busca no portal CAPES. Verificou-se que as bases que continham a maior quantidade de artigos para as palavras-chave pesquisadas também se apresentavam como bases de relevância na divulgação de artigos científicos relativos ao tema. Os critérios de escolha das bases foram os que apresentaram maior número de artigos armazenados e que tinham a maior aderência ao assunto da pesquisa. As bases de dados selecionadas são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Bases de Dados Selecionadas.

| Banco de dados |
|-----------------------------------|
| OneFile (GALE) |
| SciTech Connect (OSTI) |
| SciVerse ScienceDirect (Elsevier) |
| SpringerLink |
| IEEE Journals & Magazines |
| Wiley Online Library |
| Fonte: O autor, 2018. |

A Tabela 4 a seguir apresenta a relação de artigos das bases de dados selecionadas e as palavras-chave:

Tabela 4 - Resultado da pesquisa nos bancos de dados para as palavras-chave dos eixos 1 e 2

| Eixo 1 | Eixo 2 | Quantidade de Artigos | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------|-------|
| | | Onefile (GALE) | ScieTech Connect (OSTI) | SciVerse ScienceDirect (Elsevier) | SpringerLink | IEEE Journals & Magazines | Wiley Online Library | Total |
| Energy Management | Industr* | 4343 | 152 | 1204 | 406 | 64 | 118 | 6287 |
| Energy Efficiency | | 1254 | 66 | 553 | 132 | 35 | 36 | 2076 |
| Energy Conservation | | 1806 | 536 | 616 | 235 | 68 | 77 | 3338 |
| Energy Saving | | 20 | 0 | 21 | 4 | 0 | 3 | 48 |
| Energy Consumption | | 1492 | 536 | 531 | 267 | 82 | 78 | 2986 |
| Total por Base de Dados | | 8915 | 1290 | 2925 | 1044 | 249 | 312 | 14735 |

Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.4.1 Formação do Banco de Artigos Bruto

Por intermédio do acesso ao portal CAPES e devido à seleção das bases, obteve-se 14.735 artigos dos 15.890 originalmente citados. Em virtude de o período definido para busca dos artigos na literatura científica abranger os últimos vinte anos, foram encontrados arquivos de artigos em formato HTML ou com *links* corrompidos. Também se verificou arquivos não disponíveis na condição “*full text*” e arquivos que requeriam pagamento de taxas, totalizando assim 4,5% dos arquivos que o *download* não pôde ser efetuado. Assim, o banco de artigos bruto foi composto por 14072 artigos, e sua distribuição nas respectivas bases com as palavras-chave está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da busca por Palavra-Chave.

| Eixo 1 | Eixo 2 | Quantidade de Artigos | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------|-------|
| | | Onefile (GALE) | ScieTech Connect (OSTI) | SciVerse ScienceDirect (Elsevier) | SpringerLink | IEEE Journals & Magazines | Wiley Online Library | Total |
| Energy Management | Industr* | 4210 | 127 | 1157 | 396 | 64 | 118 | 6072 |
| Energy Efficiency | | 1150 | 53 | 553 | 130 | 34 | 36 | 1956 |
| Energy Conservation | | 1707 | 449 | 612 | 231 | 59 | 66 | 3124 |
| Energy Saving | | 19 | 0 | 21 | 4 | 0 | 0 | 44 |
| Energy Consumption | | 1413 | 516 | 531 | 262 | 82 | 72 | 2876 |
| Total por Base de Dados | | 8499 | 1145 | 2874 | 1023 | 239 | 292 | 14072 |

Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.4.2 Teste de Aderência

Esta etapa fundamenta-se em verificar a aderência das palavras-chave utilizadas na pesquisa com o conteúdo existente em três artigos escolhidos aleatoriamente do banco bruto. Constatou-se que as palavras-chave usadas na busca estavam contidas nos artigos, confirmando a aderência e a escolha apropriada das palavras-chave.

2.1.1.4.3 Filtragem dos Artigos

A filtragem dos artigos realizada pela utilização do *software* EndNote está ilustrada na Figura 9. Constatou-se a necessidade de excluir 5.848 artigos de referência duplicada do banco de artigos bruto com 14.072 artigos, restando assim 8.224 artigos. A leitura do título dos 8.224 artigos não repetidos registrou a necessidade de exclusão de 7.678 artigos cujos títulos não apresentaram alinhamento com o tema, restando desta forma 546 artigos para posterior análise no estágio de reconhecimento científico.



Figura 9 - Resumo do Processo de Filtragem dos Artigos.

Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.5 Reconhecimento Científico dos Artigos

Na etapa de reconhecimento científico dos artigos organiza-se uma planilha eletrônica com a lista dos 546 artigos e insere-se uma coluna em ordem decrescente relativa ao número de citações de cada artigo, com informações extraídas do *Google Acadêmico (GOOGLE SCHOLAR, 2016)*. O método ProKnow-C estabelece como critério de seleção dos artigos por reconhecimento científico um valor de corte para os artigos mais citados, conforme o princípio de PARETO (1896), no qual em geral constata-se que a maioria das consequências são derivadas da minoria das causas. Assim, os 546 artigos totalizaram 21.092 citações, e foi estabelecido o valor de corte de 85%, encontrando-se 17.928 citações correspondentes. Portanto, o ponto de separação dos artigos ocorre quando há 25 citações individuais para o artigo, conforme mostrado na Figura 10.

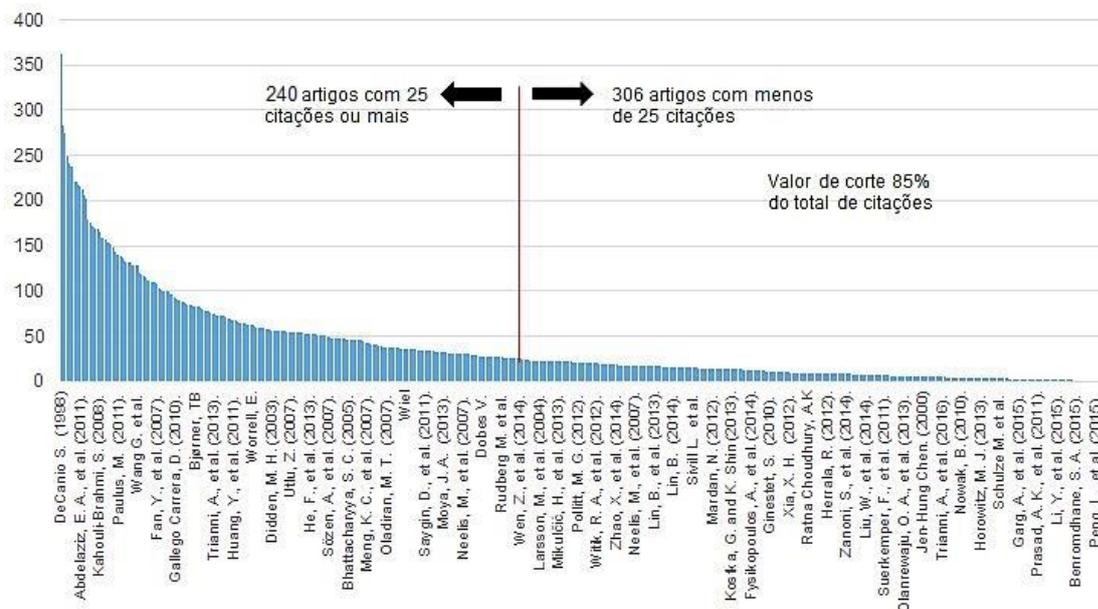


Figura 10 - Representação do Valor de Corte.
Fonte: O autor, 2018.

Desta forma, 240 artigos que apresentaram 25 citações ou mais foram selecionados para leitura dos resumos. Desta análise, apenas 35 artigos apresentaram uma conexão mais próxima com o tema e deram origem a uma lista de autores consagrados, designada como “Banco A”. Também foram selecionados 306 artigos com menos de 25 citações, os quais foram submetidos a uma reanálise pela atualidade das publicações e relevância dos autores.

Entre os 306 artigos com menos de 25 citações, foram encontrados 107 artigos de publicação recente (2014 em diante), apropriados para leitura dos seus resumos. Também, os autores de 199 artigos de publicação anterior a 2014 foram confrontados com os autores consagrados presentes no “Banco A”. Desta última análise, 11 artigos foram separados para a leitura de seus resumos. Portanto, foram encontrados 118 artigos cuja leitura dos resumos selecionou sete artigos, que formaram o “Banco B”. Estes sete artigos em conjunto com os 35 artigos compreendidos no “Banco A”, formaram finalmente o “Banco C”, com 42 artigos, que após a leitura integral do texto, verificação de disponibilidade na íntegra e alinhamento ao tema da pesquisa, foram mantidos, passando a compor o portfolio bibliográfico. Em função da quantidade e qualidade de artigos produzidos por vários autores, foi possível estabelecer critérios para a realização desta seleção, tais como:

- Abrangência sobre indústria de uso intensivo de energia;
- Setor da indústria de uso intensivo de energia (ferro, aço, cimento, química, vidro, petroquímica, alumínio, papel e celulose);
- Aspectos sobre barreiras para implementação de ações técnicas e gerenciais para GE;
- Critérios de localização geográfica (países/continentes).

A Figura 11 apresenta em forma de fluxograma o processo de formação dos três bancos de autores, “A”, “B” e “C”, que resultou em 42 artigos para o portfolio final.

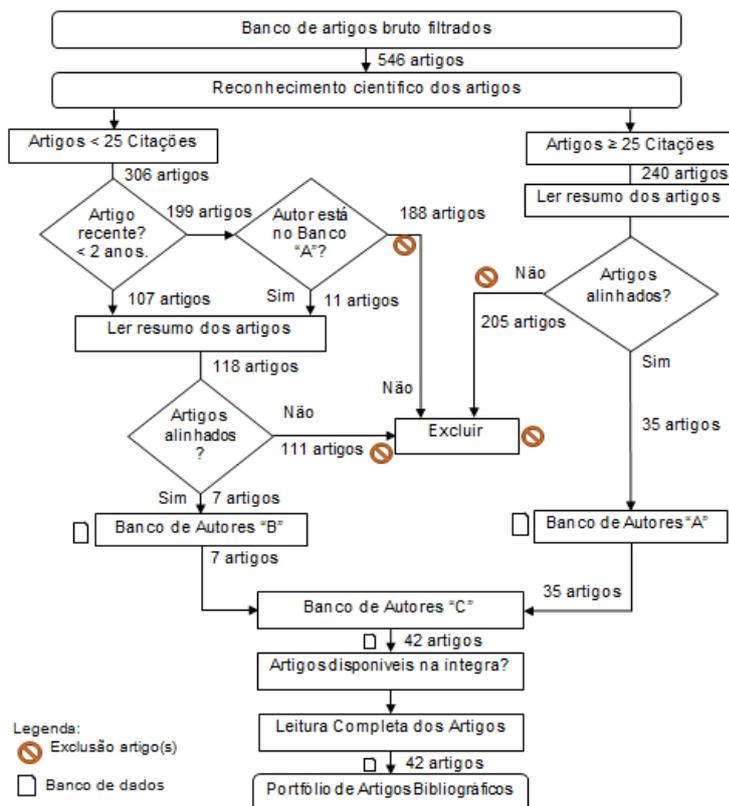


Figura 11 - Fluxograma para reconhecimento científico dos Artigos do Portfólio - Método ProKnow-C. Fonte: O autor, 2018.

2.1.1.6 Portfólio Bibliográfico dos Artigos

O Portfólio Bibliográfico em sua composição final com 42 artigos é apresentado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Artigos Selecionados para o Portfólio.

| Índice | Autor (Ano) | Artigo | Periódico | Nº de citações |
|--------|---------------------------------|--|--|----------------|
| 1 | DeCanio, S. (1997) | The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments | Energy | 362 |
| 2 | Bunse, K., et al. (2010) | Integrating energy efficiency performance in production management - gap analysis between industrial needs and scientific literature | Journal of Cleaner Production | 241 |
| 3 | Worrell, E. et al. (2001) | Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector | Energy | 238 |
| 4 | Groot, H. et al. (2001) | Energy saving by firms: decision-making, barriers and policies | Energy Economics | 221 |
| 5 | Abdelaziz, E. A., et al. (2011) | A review on energy saving strategies in industrial sector | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 216 |

| | | | | |
|----|----------------------------|---|--|-----|
| 6 | Worrell, E., et al. (2003) | Productivity benefits of industrial energy efficiency measures | Energy | 212 |
| 7 | Worrell, E. et al. (1997) | Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators | Energy Policy | 206 |
| 8 | Worrell, E. et al. (2000) | Potentials for energy efficiency improvement in the US cement industry | Energy | 179 |
| 9 | Sorrell, S. (2006) | The economics of energy service contracts | Energy Policy | 151 |
| 10 | Paulus, M. (2011) | The potential of demand-side management in energy-intensive industries for electricity markets in Germany | Applied Energy | 140 |
| 11 | Thollander, P. (2008) | An energy efficient Swedish pulp and paper industry - exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments | Energy Efficiency | 133 |
| 12 | Worrell, E., et al. (2008) | Industrial energy efficiency and climate change mitigation | Energy Efficiency | 132 |
| 13 | Thollander, P. (2010) | Energy management practices in Swedish energy-intensive industries | Journal of Cleaner Production | 131 |
| 14 | Tanaka, K. (2008) | Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy | Energy Policy | 112 |
| 15 | Sardianou E. (2007) | Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece | Journal of Cleaner Production | 102 |
| 16 | Fleiter, T., et al. (2011) | Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models — A review | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 97 |
| 17 | Zhang, J.; Wang, G. (2008) | Energy saving technologies and productive efficiency in the Chinese iron and steel sector | Energy | 90 |
| 18 | Phylipsen, G.J.M. (1997) | International comparisons of energy efficiency - Methodologies for the manufacturing industry | Energy Policy | 89 |
| 19 | Palm, J. (2010) | An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency | Applied Energy | 82 |
| 20 | Price, L., et al. (2010) | The challenge of reducing energy consumption of the Top-1000 largest industrial enterprises in China | Energy Policy | 77 |
| 21 | Trianni, A., et al. (2013) | Barriers to industrial energy efficiency in foundries: A European comparison | Journal of Cleaner Production | 74 |
| 22 | Giacone, E. (2012) | Energy efficiency measurement in industrial processes | Energy | 71 |
| 23 | Boyd, G., et al. (2007) | The evolution of the ENERGY STAR energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use | Journal of Cleaner Production | 65 |
| 24 | Neelis, M., et al. (2007) | Approximation of theoretical energy-saving potentials for the petrochemical industry using energy balances for 68 key processes | Energy | 55 |

| | | | | |
|----|-------------------------------|--|--|----|
| 25 | Cagno, E. et al. (2013) | A novel approach for barriers to industrial energy efficiency | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 53 |
| 26 | Stenqvist, C. (2012) | Energy efficiency in energy-intensive industries — an evaluation of the Swedish voluntary agreement PFE | Energy Efficiency | 47 |
| 27 | Hasanbeigi, A., et al. (2012) | Emerging energy-efficiency and CO ₂ emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 44 |
| 28 | Saygin, D., et al. (2011) | Benchmarking the energy use of energy-intensive industries in industrialized and in developing countries | Energy | 35 |
| 29 | Saygin, D., et al. (2011). | Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector | Energy | 34 |
| 30 | Ates, S., et al. (2011) | Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey | Energy | 33 |
| 31 | Fleiter, T., et al. (2012) | The characteristics of energy-efficiency measures - a neglected dimension | Energy Policy | 31 |
| 32 | Dobes, V. (2013) | New tool for promotion of energy management and cleaner production on no cure, no pay basis | Journal of Cleaner Production | 28 |
| 33 | Lin, B., et al. (2012) | Evaluation of electricity saving potential in China's chemical industry based on cointegration | Energy Policy | 27 |
| 34 | Rudberg, M., et al. (2013) | Strategic perspectives on energy management: A case study in the process industry | Applied Energy | 27 |
| 35 | Aflaki, S., et al. (2013) | Finding and Implementing Energy Efficiency Projects in Industrial Facilities | Productions and Operations Management | 25 |
| 36 | Introna, V., et al. (2014) | Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies | Journal of Cleaner Production | 16 |
| 37 | Brunke, J.-C. (2014) | Energy conservation measures for the German cement industry and their ability to compensate for rising energy-related production costs | Journal of Cleaner Production | 8 |
| 38 | Saygin, D., et al. (2012) | Long-term energy efficiency analysis requires solid energy statistics: The case of the German basic chemical industry | Energy | 8 |
| 39 | Lin, B.; Lin, X. (2015) | Energy conservation of electrolytic aluminum industry in China | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 5 |
| 40 | Lin, B.; Zhao, H. (2015) | Energy efficiency and conservation in China's chemical fiber industry | Journal of Cleaner Production | 5 |
| 41 | Stenqvist, C. (2015) | Trends in energy performance of the Swedish pulp and paper industry: 1984 - 2011 | Energy Efficiency | 4 |

| | | | | |
|----|---------------------------|--|-------------------------------|---|
| 42 | Schulze, M. et al. (2016) | Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework | Journal of Cleaner Production | 3 |
|----|---------------------------|--|-------------------------------|---|

Fonte: O autor, 2018.

2.1.2 Análise Bibliométrica do Portfólio Bibliográfico

A análise bibliométrica no âmbito do ProKnow-C é definida como uma atividade de contagem da ocorrência de uma determinada variável nas publicações de um determinado banco de artigos que diz respeito à criação de conhecimento sobre um determinado assunto.

A análise bibliométrica permite identificar os autores e sua produtividade, as instituições de pesquisa e os países representados, periódicos, palavras-chave predominantes e referências mais citadas, etc. A aplicação de testes estatísticos auxilia a determinar entre outros aspectos, quais variáveis exercem maior influência na produtividade científica.

2.1.2.1 Análise das publicações do portfólio inicial de 546 artigos

O portfólio bibliográfico inicial composto por 546 artigos é submetido a um estudo, em que as variáveis consideradas são autores e periódicos.

A) *Evolução das publicações do portfólio inicial por periódico*

A Figura 12 mostra a evolução das publicações do portfólio inicial de 546 artigos por periódico versus período.

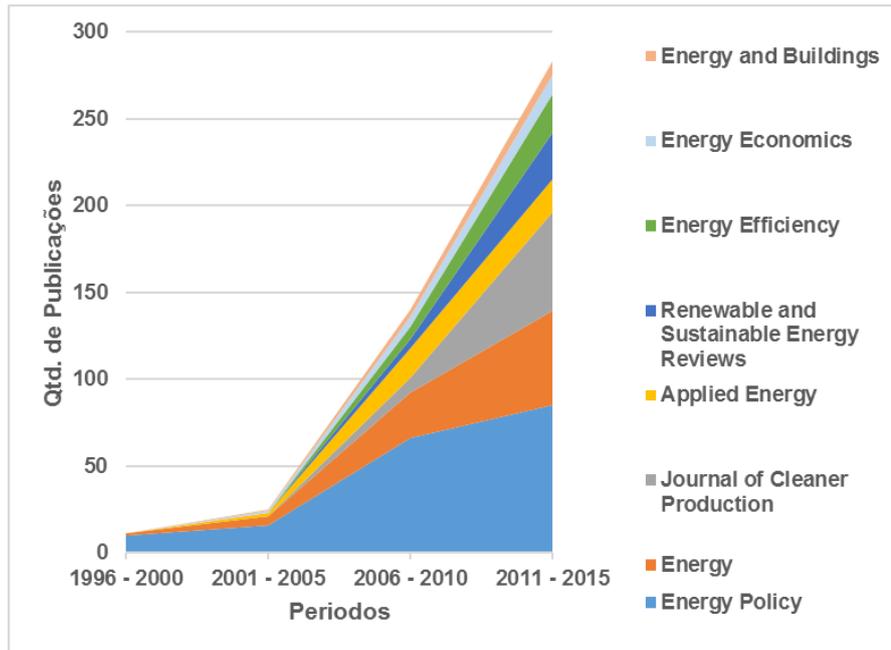


Figura 12 - Evolução das publicações (546) por periódico por período.
Fonte: O autor, 2018.

Verifica-se que o período compreendido entre os anos 2011 a 2015 foi o mais intenso em relação à quantidade de publicações nos periódicos considerados no portfólio bibliográfico inicial. Destacam-se em ordem decrescente os periódicos Energy Policy, Energy e Journal of Cleaner Production.

B) *Evolução das publicações do portfólio inicial por autor*

A Figura 13 mostra a evolução das publicações do portfólio inicial de 546 artigos por autor versus período. Constata-se no período de 2000 a 2010 uma presença acentuada em publicações de Worrell, E. Por outro lado de 2010 a 2015 o destaque é para o autor Lin, B.

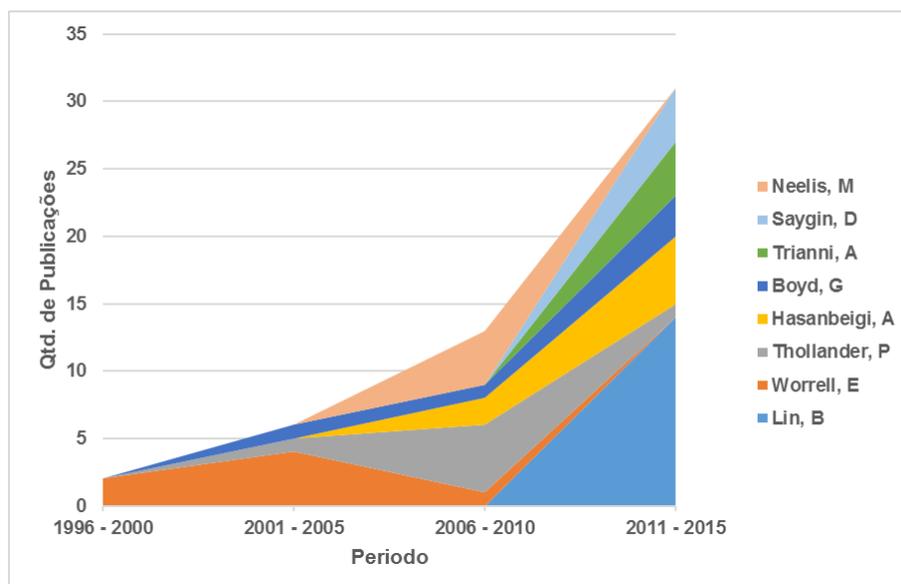


Figura 13 - Evolução das publicações (546) por autor por período.
Fonte: O autor, 2018.

Verifica-se que o período compreendido entre os anos 2011 e 2015 foi o mais intenso em relação à quantidade de publicações dos autores considerados no portfólio bibliográfico inicial.

2.1.2.2 Análise das publicações do portfólio final de 42 artigos

O portfólio bibliográfico final composto por 42 artigos é submetido a um estudo aprofundado, em que as variáveis consideradas são autores, periódicos, centros de pesquisa e palavras-chave, contemplando as seguintes etapas:

- Análise dos periódicos;
- Análise dos autores;
- Relação dos centros de pesquisa;
- Relação das palavras-chave;
- Análise das referências dos artigos selecionados;
- Classificação dos artigos conforme relevância acadêmica na amostra.

A) *Análise dos periódicos do portfólio bibliográfico*

A Figura 14 mostra a quantidade de publicações por periódico do portfólio bibliográfico.

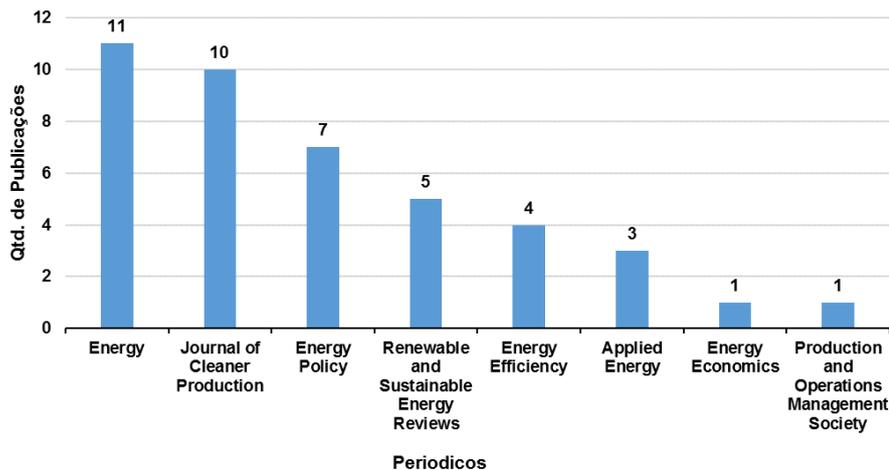


Figura 14 - Relevância dos periódicos do Portfólio Bibliográfico.
Fonte: O autor, 2018.

Verifica-se que o periódico *Energy* foi o mais representado no portfólio bibliográfico com 11 artigos, seguido do periódico *Journal of Cleaner Production* com 10 artigos e *Energy Policy* com 7 artigos.

A Figura 15 mostra a evolução das publicações do portfólio bibliográfico por periódico versus período.

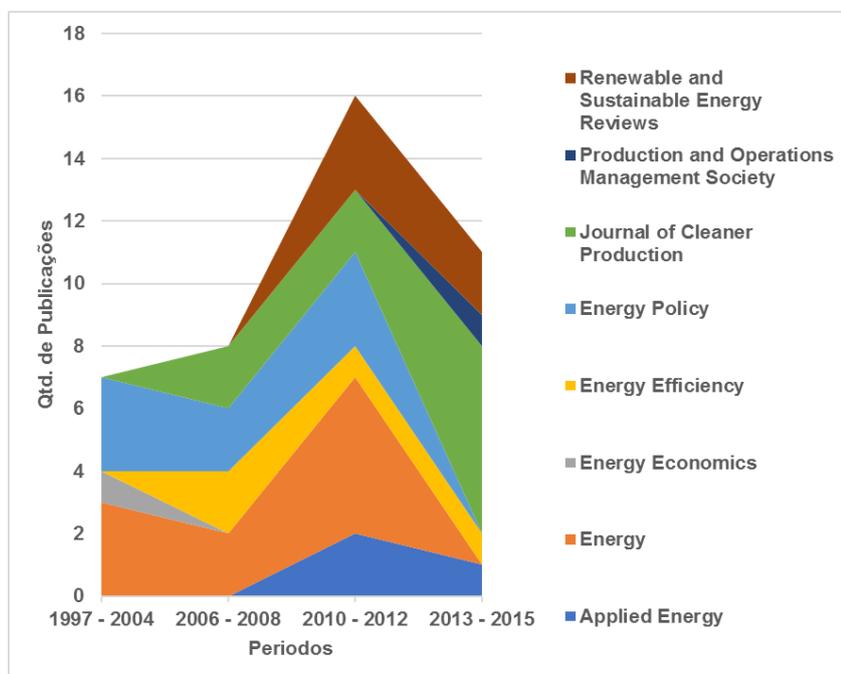


Figura 15 - Evolução das publicações dos periódicos do Portfólio por período.
Fonte: O autor, 2018.

Entre os períodos analisados, verifica-se que o período compreendido entre os anos de 2010 e 2012 possui o maior número de publicações nos periódicos que compõe o portfólio bibliográfico.

B) *Análise dos autores do portfólio bibliográfico final*

Os autores e os respectivos números de publicações no portfólio final de artigos são mostrados na Figura 16.

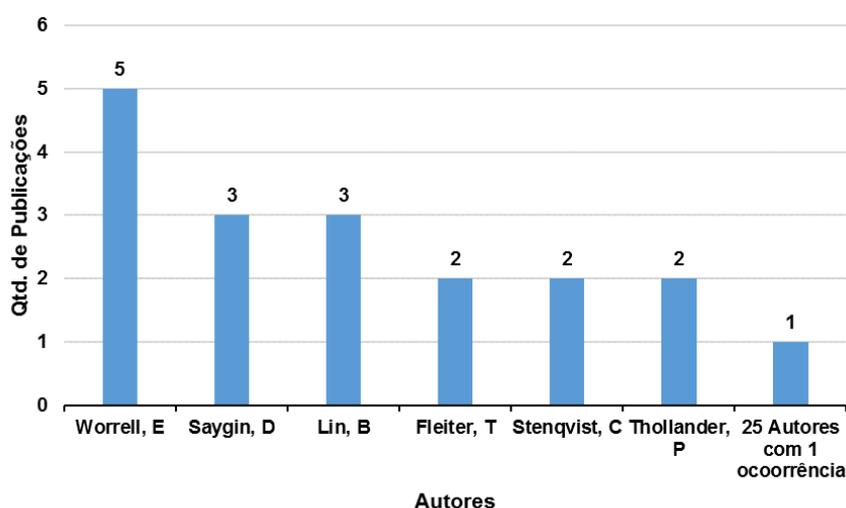


Figura 16 - Relação dos autores do Portfólio Bibliográfico.
Fonte: O autor, 2018.

O autor mais presente no Portfólio Bibliográfico é Worrell, E. com cinco artigos, enquanto Lin, B. e Saygin, D. contribuíram com três artigos cada.

C) *Relação dos centros de pesquisa do portfólio bibliográfico*

Os centros de pesquisas mais presentes entre os artigos selecionados no portfólio bibliográfico são classificados em grupos, numerados de 1 a 24.

- Grupo 1 - Utrecht University - Holanda
- Grupo 2 - Berkeley National Lawrence Laboratory - EUA
- Grupo 3 - Linköping University - Suécia
- Grupo 4 - Lund University - Suécia

- Grupo 5 - Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research - Alemanha
- Grupo 6 - Politecnico di Milano - Itália
- Grupo 7 - Minjiang University - China
- Grupo 8 - University of California - EUA
- Grupo 9 - Swiss Federal Institute of Technology Zurich - Suíça
- Grupo 10 - Vrije Universiteit - Holanda
- Grupo 11 - University of Malaya - Malásia
- Grupo 12 - University of Sussex - Inglaterra
- Grupo 13 - University of Cologne - Alemanha
- Grupo 14 - International Energy Agency - França
- Grupo 15 - Harokopio University - Grécia
- Grupo 16 - Central South University - China
- Grupo 17 - Politecnico di Torino - Itália
- Grupo 18 - Duke University - EUA
- Grupo 19 - Vienna University of Technology - Austria
- Grupo 20 - École des hautes études commerciales de Paris - França
- Grupo 21 - University of Rome - Itália
- Grupo 22 - University of Stuttgart - Alemanha
- Grupo 23 - Xiamen University - China
- Grupo 24 - EBS Universität für Wirtschaft und Recht - Alemanha

Constata-se que o centro de pesquisa com o maior número de autores presentes no portfólio bibliográfico é a *Utrecht University* (Holanda), com quatro autores, seguido pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory* (EUA), com três autores.

Também é interessante analisar o número de artigos advindos de cada centro de pesquisa no portfólio bibliográfico. Tal análise é ilustrada na Figura 17.

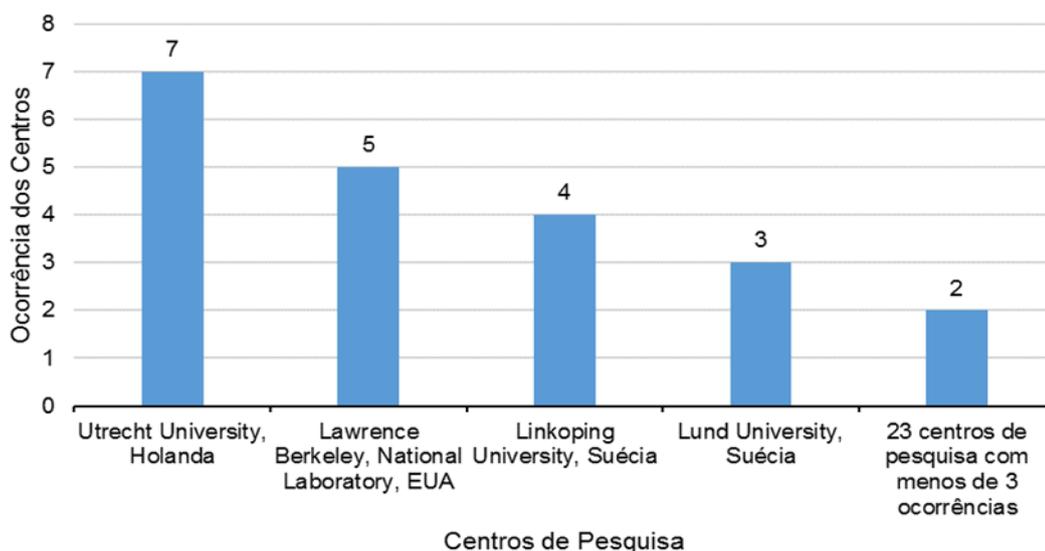


Figura 17 - Ocorrência dos artigos no Portfólio Bibliográfico conforme os centros de pesquisa.
Fonte: O autor, 2018.

A partir da Figura 17 é possível verificar que em relação ao número de ocorrências dos centros de pesquisa dos artigos do portfólio bibliográfico a *Utrecht University* (Holanda) está em primeiro lugar com sete artigos presentes no portfólio, seguido do *Lawrence Berkeley National Laboratory* (EUA) com cinco artigos e em terceiro lugar, *Linköping University* (Suécia) com quatro artigos.

D) *Relação das palavras-chave do portfólio bibliográfico*

A análise das palavras-chave citadas nos 42 artigos do portfólio bibliográfico indica um total de 128 palavras. A palavra que se destaca entre as demais, estando presente em 17 artigos, é “*Energy efficiency*”, enquanto “*Barriers*” aparece em seis artigos, conforme mostrado na Figura 18.

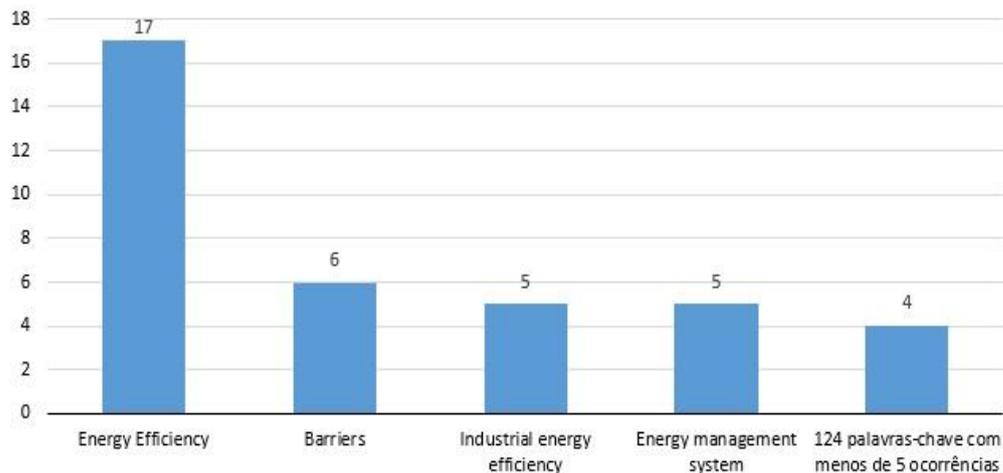


Figura 18 - Palavras-chave dos artigos do portfólio bibliográfico.

Fonte: O autor, 2018.

E) Análise das referências dos artigos do portfólio bibliográfico

Nesta análise adotou-se o procedimento descrito por ENSSLIN et al. (2010). A avaliação das 855 referências que constam nos 42 artigos do portfólio bibliográfico levou em consideração os seguintes critérios:

- i. Relevância dos periódicos nas referências dos artigos, conforme a Figura 19;

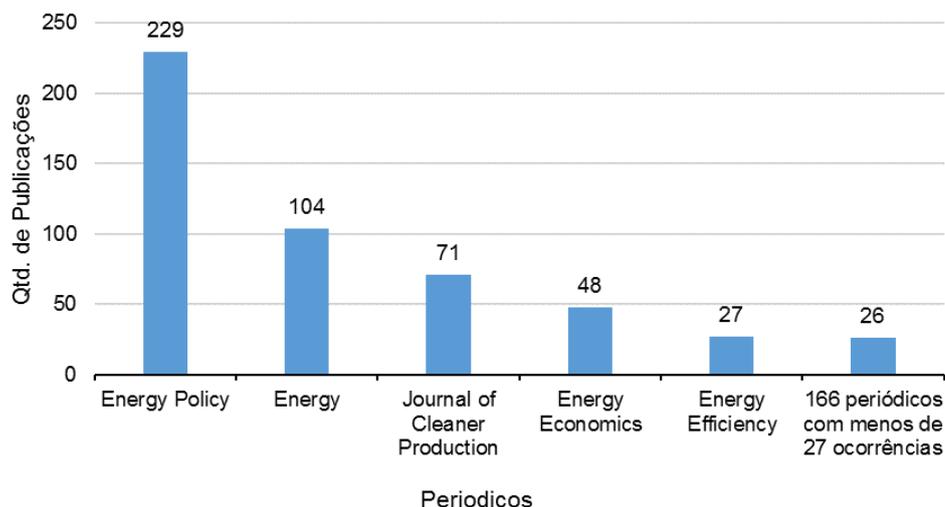


Figura 19 - Relevância dos Periódicos nas Referências dos Artigos do Portfólio.

Fonte: O autor, 2018.

O maior destaque é para o periódico *Energy Policy* com 229 artigos entre as referências dos artigos do portfólio, seguido do periódico *Energy* com 103 artigos e do *Journal of Cleaner Production* com 71 artigos.

- ii. Autores com maior presença nas referências do portfólio bibliográfico, demonstrado na Figura 20;

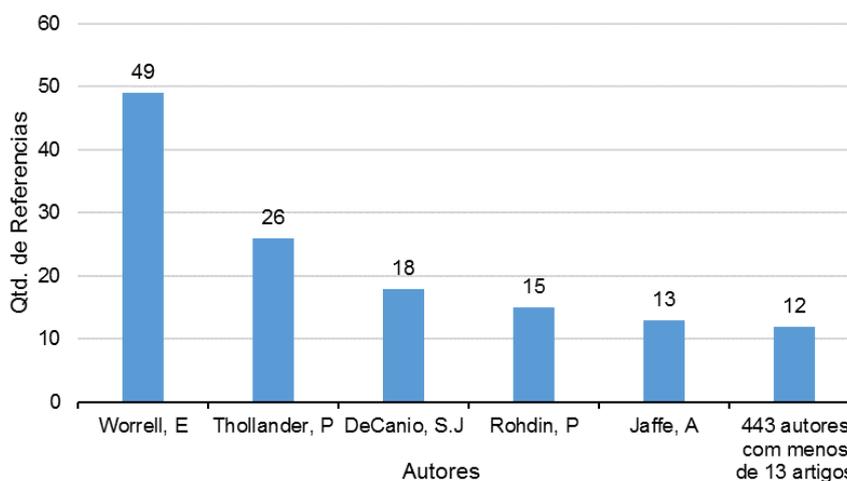


Figura 20 - Autores com maior presença nas referências do portfólio bibliográfico.
Fonte: O autor, 2018.

Nota-se que o autor com maior participação nas referências do portfólio bibliográfico foi Worrell, E. com 49 artigos. Em seguida, vieram Thollander, P. com 26 artigos e DeCanio, S. com 18 artigos. A Figura 21 ilustra esta análise.

- iii. Autores com maior presença no Portfólio Bibliográfico e suas referências.

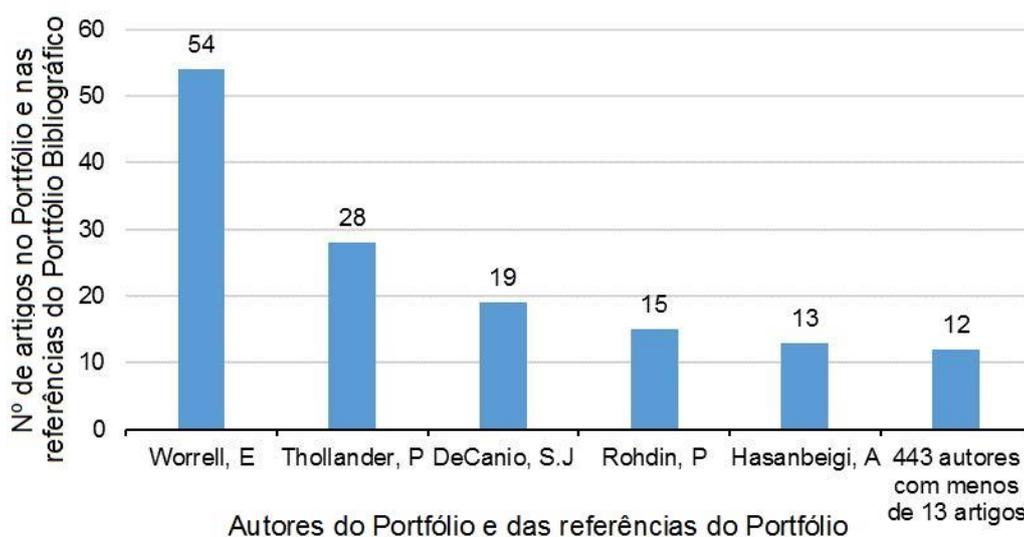


Figura 21 - Cruzamento entre os autores com maior participação no portfólio e suas referências.
Fonte: O autor, 2018.

Constata-se também que o autor com maior participação no portfólio bibliográfico e em suas referências foi Worrell, E. com 54 artigos, seguido de Thollander, P. com 28 artigos e DeCanio, S. com 19 artigos.

F) Classificação dos artigos do portfólio bibliográfico conforme relevância acadêmica na amostra

Para realização da classificação dos artigos conforme relevância acadêmica adotaram-se dois eixos de avaliação (esta dimensão define dois quadrantes, um relacionado a artigos de destaque e o outro relacionado a artigos relevantes para o tema da pesquisa):

- i. Número de citações no Google Acadêmico que o artigo obteve desde sua publicação - Está relacionado à relevância (destaque) de determinado artigo para o tema da pesquisa;
- ii. Número de citações dos autores mais citados na análise das referências dos artigos do portfólio bibliográfico - Está relacionado à proeminência de determinado autor nas referências do portfólio bibliográfico.

O cruzamento do número de citações no Google acadêmico de determinado artigo do portfólio bibliográfico com o número de citações do autor do mesmo artigo nas referências do portfólio bibliográfico define um ponto geométrico que pode ser estabelecido dentro de quadrantes de referência.

Os quadrantes de referência são: (i) Artigos relevantes para o tema da pesquisa; (ii) Artigos de destaque; (iii) Artigos de autores proeminentes; (iv) Artigos de destaque de autores proeminentes.

Dessa forma gerou-se a Figura 22 que apresenta a classificação dos artigos conforme os critérios acima mencionados. Também estão representados os quadrantes arbitrados pelos pesquisadores para explicitar o artigo de destaque e o artigo de destaque de autor proeminente. Autor proeminente está relacionado com o número de citações de determinado autor pertencente ao portfólio nas referências do mesmo portfólio em análise. Em virtude da necessidade dos dados serem apresentados de forma clara e bem definidos, na Figura 22 foram destacados apenas os seis autores mais relevantes ao tema da pesquisa.

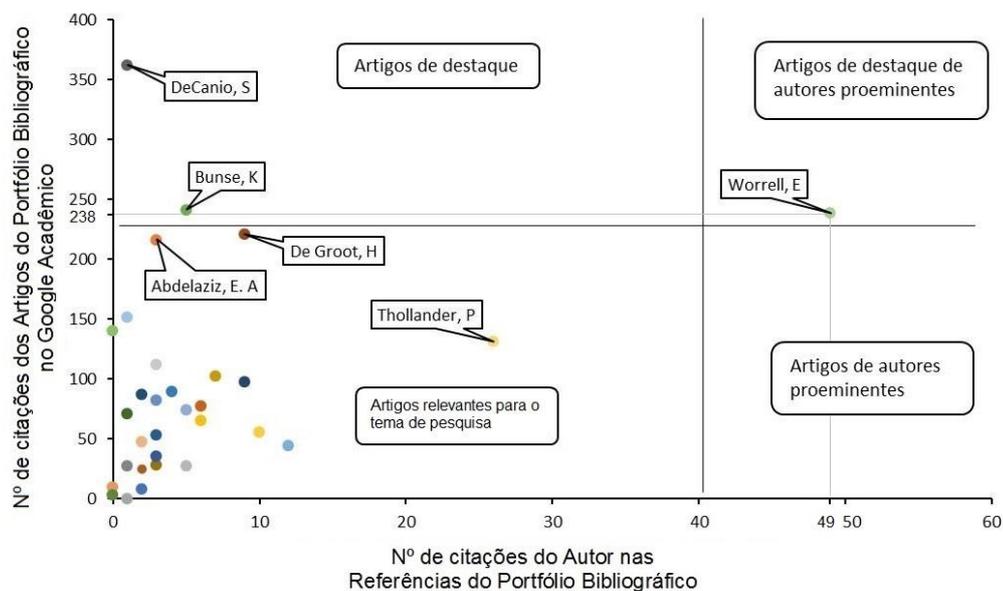


Figura 22 - Artigo e seus autores do portfólio de maior destaque.

Fonte: O autor, 2018.

Os artigos selecionados no portfólio bibliográfico apresentam relevância para o tema da pesquisa e seus autores enquadram-se com destaque, sendo que somente o autor Worrell, E. situa-se no quadrante de artigo de destaque de autor proeminente.

De acordo com a Figura 22, ao considerar o número de citações no Google Acadêmico versus número de citações nas referências dos artigos do portfólio bibliográfico, os artigos de maior relevância são: (i) (WORRELL et al., 2001) *Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector*, com 238 citações também considerado como artigo de destaque entre autores proeminentes; (ii) (THOLLANDER et al., 2008) *An energy efficient Swedish pulp and paper industry - exploring barriers to and driving forces to cost-effective energy efficiency investments*, com 133 citações; (iii) (DECANIO et al., 1997) *The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments*, com 362 citações, também identificado como o artigo de destaque; (iv) (BUNSE et al., 2011) *Integrating energy efficiency performance in production management - gap analysis between industrial needs and scientific literature*, com 241 citações; (v) (GROOT et al., 2001) *Energy saving by firms: decision-making, barriers and policies*, com 221 citações e (vi) (ABDELAZIZ et al., 2011) *A review on energy saving strategies in industrial sector* com 216 citações.

2.1.3 Análise da Rede Social

Complementando a análise bibliométrica estabelecida pelo método ProKnow-C, realiza-se uma análise da rede social. A análise das redes sociais permite verificar a existência de um grupo de pesquisadores que se relacionam entre si por possuírem interesses comuns de pesquisa. Tal análise é realizada ao mapear as bases de conhecimento de forma a avaliar o desenvolvimento do conhecimento científico de determinado campo de pesquisa. O presente trabalho de pesquisa busca analisar os autores e as palavras-chave empregadas nos artigos do portfólio bibliográfico. A análise da rede social dos autores expõe o número de conexões com outros autores, quais são os autores mais influentes, quão acessível identifica as comunidades de pesquisa dos autores, etc. Tal análise também pode ser aplicada à rede social para as palavras-chave. A aplicação de testes estatísticos auxilia a determinar quais variáveis exercem maior influência na produtividade científica, no posicionamento da rede, etc.

Além das representações gráficas das redes sociais, pode-se fazer uma análise mais aprofundada ao obter as medidas de centralidade das mesmas. No âmbito da análise de redes, as medidas de centralidade (grau, intermediação, proximidade, vetor próprio, etc.) são relevantes por fornecerem informações sobre o grau de influência e importância de determinado autor em uma rede social. As medidas de centralidade escolhidas para a análise das redes sociais no presente trabalho são:

- Grau (*Degree Centrality*): indica o número de autores aos quais um autor está diretamente ligado, ou seja, quantos autores este autor pode alcançar diretamente;
- Intermediação (*Betweenness Centrality*): indica quais autores mais estabelecem relações dentro da rede e qual a probabilidade deste autor ser a rota mais direta entre dois autores da rede;
- Proximidade (*Closeness Centrality*): indica a capacidade de um autor se ligar a todos os outros autores na rede, ou seja, o quão rápido este autor pode se ligar a todos os autores na rede;
- Autovetor (*Eigenvector*): indica quão bem determinado autor está conectado a outros autores bem conectados, ou seja, qual é o autor mais citado por outros autores bem citados.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado às palavras-chave, de forma a definir as palavras-chave mais relevantes e influentes para o tema de pesquisa.

2.1.3.1 Análise da Rede Social dos Autores

A análise da rede social dos autores requer uma avaliação de co-citação, com o objetivo de identificar os autores que mais influenciaram nos artigos do Portfolio Bibliográfico. Isto é realizado construindo uma matriz auxiliar contendo os autores relacionados nas referências dos artigos do portfolio. Essa matriz contém o número de artigos de um autor citado particularmente no portfolio e também a quantidade de citações que os autores receberam por pares em cada artigo. Utilizou-se o *software* UCINET para a geração da rede de co-citação, que apresenta as relações diretas e indiretas de citações entre os autores, e é ilustrada pela Figura 23.

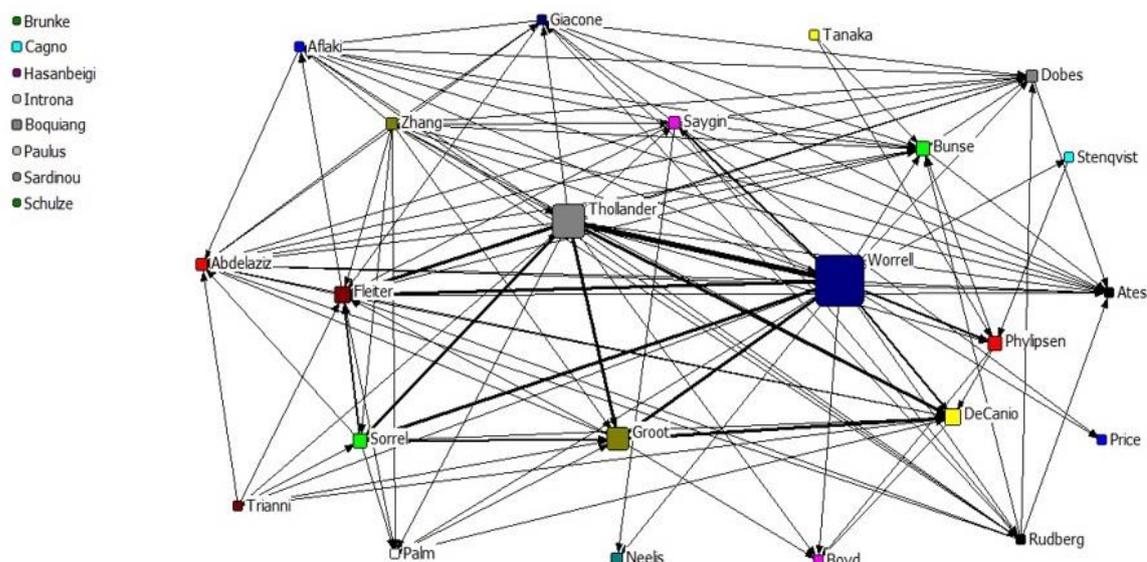


Figura 23 - Rede de co-citação dos autores no Portfolio Bibliográfico.
Fonte: O autor, 2018.

As linhas de conexão mais destacadas (espessas) entre os autores (nós) indicam que os autores foram citados juntos em maior quantidade por outro autor.

A fim de determinar os autores de maior relevância na rede social dos autores, foram determinadas as medidas de centralidade (grau, intermediação, proximidade e autovetor) conforme citado anteriormente. Os três autores que obtiveram os melhores desempenhos nas medidas de centralidade sob estudo estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Top 3 autores (medidas de centralidade).

| Grau | Intermediação | Proximidade | Autovetor |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Worrell, E. | Worrell, E. | Worrell, E. | Worrell, E. |
| Thollander, P. | Thollander, P. | Thollander, P. | Thollander, P. |
| Fleiter, T. | Bunse, K. | Fleiter, T. | Fleiter, T. |

Fonte: O autor, 2018.

2.1.3.2 Análise da Rede Social das Palavras-chave

Procedimento semelhante ao adotado para a rede social dos autores é realizado para determinar e analisar a rede social das palavras-chave do portfólio bibliográfico. A representação gráfica da rede social das palavras-chave é mostrada na Figura 24.

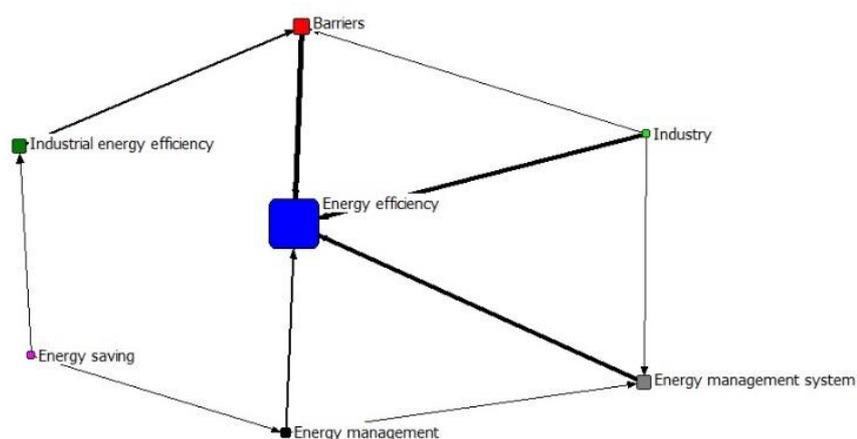


Figura 24 - Rede social das palavras-chave do Portfólio Bibliográfico.
Fonte: O autor, 2018.

A palavra-chave *Energy Efficiency* é a que possui maior ocorrência, e foi mais vezes citada junto com *Barriers*, *Industry* e *Energy Management System*.

A fim de determinar as palavras-chave de maior relevância na rede social das palavras-chave, foram estabelecidas as medidas de centralidade (grau, intermediação, proximidade e autovetor) conforme citado anteriormente. As três palavras-chave que obtiveram os melhores desempenhos nas medidas de centralidade sob estudo estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Top 3 palavras-chave (medidas de centralidade).

| Grau | Intermediação | Proximidade | Autovetor |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| <i>Energy Efficiency</i> | <i>Barriers</i> | <i>Energy Efficiency</i> | <i>Energy Efficiency</i> |
| <i>Barriers</i> | <i>Energy Management</i> | <i>Barriers</i> | <i>Energy Management System</i> |
| <i>Energy Management System</i> | <i>Energy Efficiency</i> | <i>Energy Management</i> | <i>Industry</i> |

Fonte: O autor, 2018.

2.1.4 Exploração do Conteúdo do Portfólio Bibliográfico

Estabelecido um portfólio bibliográfico composto de 42 artigos científicos, como resultado de uma revisão sistemática da literatura, procede-se a uma exploração do conteúdo com o intuito de encontrar elementos práticos e teóricos tais que permitam articulação em atender as questões e objetivos da pesquisa. Nesta condição a seguir os artigos são analisados individualmente procurando-se destacar aspectos relevantes ao interesse da pesquisa.

2.1.4.1 Análise dos artigos do portfólio

- DECANIO, S., (1997):

DECANIO (1997) é o trabalho do portfólio bibliográfico com o maior número de citações no Google Scholar (362). O autor é um dos precursores em tratar os assuntos referentes às dificuldades de implantação de investimentos em EE e apresenta um trabalho referência neste tema de pesquisa intitulado “O paradoxo da eficiência: barreiras burocráticas e organizacionais a investimentos lucrativos de economia de energia”. O paradoxo descrito pelo autor diz respeito ao fato de que as empresas, que têm como principal foco a obtenção de lucro, não implementam projetos de efficientização energética viáveis (econômica e tecnologicamente) e com potencial de proporcionar retorno financeiro positivo.

- BUNSE, K., et al., (2011):

O artigo destaca a necessidade da integração da efficientização energética na gestão da produção em empresas industriais. Os autores analisam a implementação de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) e as normas de GE como importantes habilitadores da EE na manufatura. O artigo também demonstra a

existência de uma lacuna (*gap*) entre as soluções disponíveis para eficientização energética e a real implementação nas empresas industriais. O artigo ainda cita a necessidade da condução de trabalhos de pesquisa colaborativos para avaliar esta situação.

- WORRELL, E. et al., (2001):

Em WORRELL et al. (2001), os autores apresentam uma análise profunda de oportunidades economicamente viáveis de EE e redução de emissões de dióxido de carbono na indústria de ferro e aço nos EUA. No artigo, 47 tecnologias e medidas específicas de EE foram identificadas e analisadas a fim de encontrar os respectivos potenciais de redução de consumo energético considerando um período de *payback* de três anos ou menos. Verificou-se que o potencial de economia de energia das medidas analisadas correspondeu a 18% do consumo energético do setor de ferro e aço dos EUA no ano de 1994.

- GROOT, H. et al., (2001):

Em GROOT et al. (2001), os autores apresentam uma análise sobre tomada de decisão, barreiras e políticas para economia de energia nas empresas da Holanda. Em um *survey* realizado em empresas holandesas, os autores se propuseram a entender os fatores que determinam o comportamento de investimento das empresas, sua atitude em relação diferentes políticas energéticas e sua capacidade de resposta às mudanças nas políticas ambientais na Holanda. O artigo objetiva investigar empiricamente “se” e “como” tais características estratégicas variam de acordo com as características e setores empresariais. Verificou-se que com relação ao mercado, os fatores mais importantes estão relacionados às reduções de custos provenientes da redução no consumo energético e a uma imagem verde da corporação. Já com relação às políticas, os fatores mais importantes estão relacionados aos arranjos fiscais e subsídios em investimentos.

- ABDELAZIZ, E. A., et al., (2011):

Em ABDELAZIZ et al. (2011) os autores apresentam uma revisão da literatura abrangente sobre as estratégias da economia de energia na indústria através de

gestão, tecnologias e políticas. Os trabalhos mais recentes existentes na literatura científica sobre o tema foram compilados e algumas das práticas de GE utilizadas no mundo foram revisadas (auditorias energéticas, treinamentos, etc.). Os autores ainda realizaram a revisão das políticas energéticas de alguns países selecionados. Verificou-se que nos setores industriais, montantes consideráveis de energia, emissões de poluentes e utilidades (energia elétrica, combustíveis, gás, água, etc.) podem ser economizados ao utilizar tais estratégias. Além disso, os períodos de *payback* para diferentes medidas de economia energética foram identificadas e na maioria dos casos se mostraram economicamente viáveis.

- WORRELL, E., et al., (2003):

Em WORRELL et al. (2003), os autores analisam mais de 70 estudos de caso industriais e conduzem uma análise da representação dos benefícios da produtividade na modelagem de energia. É proposto um método para incluir benefícios de produtividade na avaliação econômica dos potenciais de melhoria da EE. A análise dos estudos de caso sugere que os investimentos em EE podem fornecer um impulso significativo à produtividade na indústria como um todo. A descrição de tecnologias eficientemente energéticas como oportunidades para melhorias na produtividade têm implicações significativas para as avaliações econômicas convencionais. O artigo explora as implicações desta mudança de perspectiva na avaliação de tecnologias de EE para um estudo da indústria de ferro e aço nos EUA. Verificou-se que incluir explicitamente benefícios de produtividade nos parâmetros de modelagem duplicaria o potencial custo-efetivo de melhoria da EE em comparação com uma análise que exclui esses benefícios.

- WORRELL, E. et al., (1997):

Em WORRELL et al. (1997), os autores apresentam uma análise do consumo energético da indústria de ferro e aço em sete países (Brasil, China, França, Alemanha, Japão, Polônia e Estados Unidos), realizada através de uma comparação de indicadores econômicos e físicos. Os autores concluem que a utilização de indicadores físicos de intensidade energética melhoram a comparabilidade entre os países, fornecendo informações valiosas aos legisladores.

- WORRELL, E. et al., (2000):

Em Worrell et al. (2000), os autores conduzem uma análise profunda sobre a indústria de cimento nos EUA, identificando medidas e potenciais de EE economicamente viáveis. Verificou-se que houve redução do consumo de energia primária e de emissões específicas de dióxido de carbono da indústria de cimento norte-americana entre os anos de 1970 e 1997. Os autores concluem que a utilização de cimento composto é uma estratégia-chave para a melhoria da EE e redução da emissões de dióxido de carbono na indústria de cimento dos EUA.

- SORRELL, S., (2006):

Em Sorrell (2006), o autor constata que as empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs) podem prover um caminho economicamente viável para superar barreiras para EE, permitindo ao cliente reduzir custos operacionais, transferir riscos e concentrar atenção nas atividades principais da organização.

- PAULUS, M., (2011):

PAULUS e BORGGREFE (2011) avaliam o potencial econômico e técnico da gestão pelo lado da demanda na Alemanha e países europeus. Os autores constatam que até 2020, cerca 30% da energia elétrica consumida na Alemanha será suprida por fontes renováveis, sendo a maior parcela referente à geração eólica. O artigo faz projeções na qual a gestão pelo lado da demanda nos processos industriais pode prover benefícios econômicos nos mercados de eletricidade com fontes renováveis, provendo uma reserva de capacidade.

- THOLLANDER, P., (2008):

THOLLANDER e OTOSSON (2008), em um estudo da EE na indústria sueca de papel e celulose, exploram as barreiras e as forças que impulsionam os investimentos de redução de custo em EE. São relatadas barreiras para a EE, detecta-se o “*energy efficiency gap*” e verifica-se que as barreiras mais fortes são os riscos técnicos, tais como: descontinuidade da produção, custo da descontinuidade, tecnologias inapropriadas, falta de acesso ao capital, etc. A principal força (motivo) que impulsiona a EE na indústria é a redução de custos.

- WORRELL, E., et al., (2008):

Em WORRELL et al. (2008), os autores destacam que apesar da EE na indústria ter sido continuamente melhorada desde a década de 1970, a efficientização energética se constitui como o meio mais importante e eficaz para mitigar as emissões de GEE na indústria. Os autores discutem a contribuição potencial das políticas e tecnologias de EE industrial a fim de reduzir o consumo energético e a emissão de GEE até o ano de 2030.

- THOLLANDER, P., (2010):

Em THOLLANDER e OTOSSON (2010), os autores comentam sobre o potencial para EE na indústria de uso intensivo de energia através da adoção de práticas de GE. O artigo descreve uma análise sobre as práticas de GE em dois segmentos da indústria de uso intensivo de energia da Suécia: (i) papel e celulose; (ii) fundição. O *payback* é um dos critérios empregados para avaliar a existência de um potencial investimento para EE. Os autores verificaram que a maioria das empresas pesquisadas praticam períodos de “*payback*” ou “*pay-off*” de três anos ou menos para investimentos em EE. Uma análise mais criteriosa quanto ao período de *payback* a ser adotado se faz necessária para uma melhor tomada de decisão sobre investimentos em EE. Os resultados gerais mostram que a maioria das empresas pesquisadas não alocam custos energéticos, tampouco utilizam de medição setorizada ou adotam estratégias energéticas de longo prazo, o que reflete em um número pequeno de organizações onde a GE é bem sucedida. Os autores concluem que se a GE não é prioridade nas indústrias de uso intensivo de energia, tampouco será nos setores industriais de menor intensidade energética.

- TANAKA, K., (2008):

TANAKA (2008) discute que a melhoria da EE é uma medida básica e significativa para abordar tanto a segurança energética quanto as preocupações com questões ambientais. O artigo explora diferentes caminhos para medir o desempenho da EE: consumo absoluto de energia, intensidade energética, difusão de tecnologias específicas de economia de energia e eficiência térmica. O autor destaca que

legisladores devem considerar a aplicabilidade da medição de desempenho da EE baseando-se em critérios como confiabilidade, viabilidade e verificabilidade. Um estudo de caso na indústria de ferro e aço do Japão ilustra o papel crítico da definição apropriada de fronteiras para a avaliação da EE na indústria. O trabalho salienta a importância de um entendimento apropriado dos vários métodos existentes para a avaliação da EE e sua conexão com políticas, objetivos e modelos.

- SARDIANOU, E., (2007):

Em SARDIANOU (2008), baseado em um *survey* realizado em indústrias na Grécia, o autor se propõe a investigar os principais determinantes do processo de tomada de decisão na indústria em relação aos investimentos em EE. Os resultados confirmam que um programa de economia de energia deve considerar as indústrias como subgrupos com diferentes necessidades e diferentes aspectos gerenciais, destacando a importância da contratação de funcionários qualificados para tal. O autor conclui que os *frameworks* de conservação de energia seriam mais eficazes se os investimentos em economia de energia na indústria fossem baseados no investimento em aspectos humanos. Os resultados mostram que há evidências de acesso limitado ao capital e uma percepção de custos elevados associados às tecnologias de economia de energia. O autor ainda destaca a existência de barreiras econômicas e organizacionais aos investimentos em EE.

- FLEITER, T., et al., (2011):

Em FLEITER et al. (2011), os autores objetivam revisar modelos “*bottom-up*” para a demanda energética industrial com foco particular em sua capacidade a fim de modelar barreiras à adoção de tecnologias de EE, haja vista que a integração das barreiras nos modelos é um pré-requisito importante para uma modelagem mais detalhada e realista das políticas de EE. O estudo revelou que, apesar da existência amplamente evidente de falhas de mercado e barreiras à adoção de tecnologias de EE, elas são apenas parcialmente consideradas nos modelos “*bottom-up*” existentes atualmente.

- ZHANG, J.; WANG, G., (2008):

No estudo de ZHANG e WANG (2008), por meio da aplicação de métodos matemáticos realiza-se a estimativa dos impactos causados por tecnologias para economia de energia e investimentos em eficiência produtiva em empresas chinesas de ferro e aço no período compreendido entre os anos de 1990 e 2000. Os resultados do estudo mostram que o crescimento da eficiência produtiva pode ser atribuído à adoção e melhoria das medidas de economia de energia e aumento dos investimentos em atualização e transformação de técnicas. Verifica-se também que as grandes empresas possuem vantagem no que diz respeito à EE quando comparadas às pequenas e médias siderúrgicas.

- PHYLIPSEN, G. J. M., (1997):

No trabalho de PHYLIPSEN et al. (1997), são identificadas diferenças estruturais nas IEI e são descritas maneiras de incorporar tais diferenças em comparações internacionais de EE. Verificou-se que entre os setores de ferro e aço, alumínio, cimento, celulose e papel, produtos químicos e produtos petroquímicos, as diferenças estruturais surgem principalmente no mix de produtos e fluxos de importação / exportação de produtos. Neste contexto, a relevância da utilização de equipamentos energeticamente eficientes e cogeração também foi verificada. O estudo mostrou ainda que as diferenças estruturais podem ser levadas em consideração nas comparações de EE entre países, se forem adotados indicadores físicos de EE apropriados.

- PALM, J., (2010):

O trabalho de PALM e THOLLANDER (2010) tem como objetivo melhorar a compreensão sobre EE na indústria e ampliar as perspectivas sobre a formulação de políticas energéticas na Europa sob uma perspectiva interdisciplinar. Neste artigo, atores em diferentes setores industriais destacam diferentes barreiras à EE e relatam o porquê de medidas de EE com boa relação custo-benefício não serem implementadas (lacuna de EE). Os autores destacam algumas das razões pelas quais tais medidas não são implementadas que são: ausência de informação, procedimentos e rotinas que não favorecem a EE. Os autores identificaram que as barreiras à EE podem ser problematizadas em relação a um contexto social para um melhor entendimento de sua existência e de como resolvê-las.

- PRICE, L., et al., (2010):

O objetivo do trabalho de PRICE et al. (2010), é avaliar o projeto do programa governamental chinês intitulado “Top-1000 Energy-Consuming Enterprises”, seus resultados iniciais, dados e informações a fim de entender suas possíveis implicações (em termos energéticos e de redução de emissões de dióxido de carbono) e recomendar futuras modificações baseadas em experiências internacionais com programas similares. O programa teve como meta reduzir o consumo energético das 1000 indústrias com maior consumo energético na China em 20% no período compreendido entre os anos de 2005 e 2010. Os resultados mostram que, dependendo do crescimento do PIB chinês neste período, o programa pode contribuir com a redução de aproximadamente 10-25% no consumo energético das top 1000 indústrias chinesas até 2010.

- TRIANNI, A., et al., (2013):

Em uma análise de 65 indústrias de fundição na Europa, TRIANNI et al. (2013), destacam a existência de barreiras que dificultam a adoção de tecnologias e práticas energeticamente eficientes. É verificado que o setor industrial, devido à sua relevância no uso total de energia, poderia fornecer uma contribuição relevante para a melhoria global da EE. O estudo também permitiu verificar a grande influência exercida pelo porte empresarial na percepção das barreiras organizacionais à EE. O estudo permitiu verificar que empresas de menor porte têm uma maior percepção das barreiras organizacionais à EE.

- GIACONE, E., (2012):

No trabalho de GIACONE e MANCÒ (2012), por meio de uma modelagem matemática, os autores realizam a proposição de uma estrutura para definir e medir a EE com maior precisão. Os resultados de tal abordagem são relevantes para fins de *benchmarking*, orçamento e definição de metas energéticas, além de ser uma abordagem adequada para a implementação de um padrão de sistema de GE como EN 16001 e ISO 50001. Uma análise com exemplo de aplicação do modelo é realizado para os processos de fusão de ferro e vidro.

- BOYD, G., et al., (2007):

No trabalho de BOYD et al. (2007), os autores conduzem uma análise da evolução do programa de etiquetagem *Energy Star* dos Estados Unidos, desde sua criação no ano de 1992 até a data da publicação do artigo. Destaca-se que a partir do ano de 2002, o programa *Energy Star* foi estendido para além do seu papel na identificação de produtos energeticamente eficientes para identificar a produção com EE. Além disso, é analisada a importância da utilização de indicadores de desempenho energético (IDE) para a realização do *benchmarking* estatístico e para a determinação do uso específico de energia em nível de planta. O artigo descreve o papel do IDE dentro do contexto dos objetivos gerais do *Energy Star* e cita exemplos de como esta ferramenta de informação foi desenvolvida e está sendo usada.

- NEELIS, M., et al., (2007):

Em seu estudo sobre a indústria petroquímica na Europa Ocidental, NEELIS et al. (2007), analisaram os balanços energéticos de 68 processos a fim de verificar o montante da energia que finaliza por ser dissipada no ambiente na forma de calor em cada um destes processos. Verificou-se que o uso de energia do processo e os efeitos da dissipação de calor contribuem significativamente para a perda total de energia dos processos estudados. Para os processos com grandes perdas energéticas, recomenda-se análises mais detalhadas para identificar os potenciais de economia de energia.

- CAGNO, E. et al., (2013):

Em uma revisão crítica da literatura, CAGNO et al. (2013) fornecem uma nova abordagem para tratar as barreiras à adoção de tecnologias industriais energeticamente eficientes. Os autores desenvolvem uma taxonomia adaptável à pesquisa empírica e capaz de avaliar as diferenças entre barreiras percebidas e reais, seus efeitos nos processos de tomada de decisão e as interações entre as barreiras. O estudo propõe um instrumento útil tanto para as empresas quanto para os formuladores de políticas para identificar fatores críticos para melhorar a EE industrial e para abrir a pesquisa a uma investigação mais aprofundada neste tópico.

- STENQVIST, C., (2012):

Em seu trabalho, STENQVIST e NILSSON (2012) avaliam o desempenho do programa sueco para melhoria da EE em IEI. Neste programa, as cerca de 100 empresas energo-intensivas participantes deveriam adotar medidas de EE e, em troca, seriam isentas do imposto mínimo da união europeia sobre a eletricidade durante o período de vigência do programa. Os autores conduzem a análise quantitativa dos dados energéticos das empresas após o término do programa, destacando a importância da avaliação dos impactos causados por mudanças organizacionais.

- HASANBEIGI, A., et al., (2012):

No trabalho de HASANBEIGI et al. (2012), os autores compilam informações sobre a indústria mundial de cimento e concreto, consolidando informações disponíveis a respeito de dezoito tecnologias emergentes para a economia de energia nesta indústria. O trabalho fornece a engenheiros, pesquisadores, investidores, empresas de cimento, formuladores de políticas e outras partes interessadas fácil acesso a um banco de dados bem estruturado sobre tais tecnologias.

- SAYGIN, D., et al., (2011):

No trabalho de SAYGIN et al. (2011a), os autores estimam o uso de energia das “*Best Practice Technologies - BPT*” de 17 setores industriais por país, com base em curvas de *benchmarks* ou indicadores energéticos. A análise revelou que o uso de BPT oferece potenciais de melhoria em todo o mundo. Os autores utilizam dados estatísticos nacionais, internacionais e também da literatura científica para desenvolver novos indicadores de energia. Destaca-se que o *benchmarking* energético pode se tornar uma ferramenta fundamental para estimar os potenciais de economia de energia e que os indicadores de energia podem servir como uma forte metodologia complementar.

- SAYGIN, D., et al., (2011):

Em SAYGIN et al. (2011b), os autores conduzem uma análise do potencial de EE para o caso em que as *Best Practice Technologies* (BPT) sejam implementadas em

processos na indústria química. Os resultados sugerem um grande potencial de EE para este setor da indústria, que responde pela maior parcela do consumo de energia no setor industrial no mundo. A existência de diferenças significativas nos resultados obtidos entre países também é destacada.

- ATES, S.; DURAKBASA, N., (2012):

Em um *survey* realizado em IEI na Turquia, ATES e DURAKBASA (2012) investigam as práticas de GE mais utilizadas e destacam os gargalos e deficiências de EE no setor. Os autores verificam que uma minoria dentre as empresas pesquisadas realmente praticam o gerenciamento corporativo de energia. Foram identificadas as principais barreiras para a implementação adequada da GE e um conjunto de opções de políticas energéticas é oferecido como diretriz para superar os obstáculos presentes à EE. Também é verificado que a grande maioria dos estudos sobre a GE na IEI da Turquia considera aspectos fortemente técnicos, tais como eficiência e tipo de energia usado, mas não incluem aspectos organizacionais, o que é hoje considerado como uma forma sustentável de reduzir custos e melhorar a EE de uma planta industrial.

- FLEITER, T., et al., (2012):

O trabalho de FLEITER et al. (2012), trata das barreiras para a difusão de diferentes medidas de EE nas empresas. Os autores sugerem um esquema de classificação para medidas de EE na indústria, com intuito de fornecer uma melhor compreensão da adoção de tais medidas para auxiliar na seleção e concepção de políticas de EE. A aplicação do esquema sugere uma contribuição para o entendimento da razão pela qual algumas medidas de EE se difundem mais rapidamente que outras.

- DOBES, V., (2012):

DOBES (2012) combina abordagens gerenciais à abordagem técnica de contratação de serviços de empresas de conservação de energia (ESCOs) na modalidade “*no cure, no pay*” (contratos de desempenho) como base para o desenvolvimento de uma ferramenta destinada à promoção da GE e da produção mais limpa. Esta abordagem permitiu testar a introdução de projetos de produção mais limpa sem oferecer riscos

técnicos ou financeiros para as empresas, o que auxiliou na remoção de barreiras importantes à implementação de uma produção mais limpa na indústria.

- LIN, B., et al., (2012):

No trabalho de LIN et al. (2012), os autores investigam o potencial de economia de energia da indústria química da China. Os autores demonstram que existe uma relação de equilíbrio entre a intensidade energética e a tecnologia, mão-de-obra, custo com insumos energéticos e a estrutura industrial. Destacam que políticas mais ativas de economia de energia são necessárias para reduzir a intensidade energética da indústria química chinesa.

- RUDBERG, M., et al. (2013):

Em uma revisão da literatura sobre a GE na IEI, RUDBERG et al. (2013) verificaram que apesar das questões energéticas da GE ganharem mais interesse dentro da sociedade em geral, mesmo em empresas intensivas em energia a GE raramente é tratada estrategicamente. Os autores então investigam, por meio de um estudo de caso, os pré-requisitos necessários para colocar a GE na agenda estratégica em indústrias de uso intensivo de energia. O estudo de caso mostrou que a GE é em grande parte negligenciada e indicou os pré-requisitos necessários para destacar a importância estratégica da GE para uma empresa típica no setor da indústria de processos.

- AFLAKI, S., et al., (2013):

O estudo de AFLAKI et al. (2013), aborda os desafios de encontrar e implementar projetos rentáveis de EE, com foco em indústrias de manufatura. Os autores destacam que em quase todas as indústrias existem projetos de EE que poderiam ser implementados, mas de fato não são. Observou-se que um obstáculo frequentemente citado para a implementação de tais projetos é a falta de uma estrutura de gerenciamento interno para consolidá-los e executá-los. Os autores identificam os três principais fatores de valor em projetos de EE: intensidade de economia, imagem “verde” e complexidade do projeto. Um estudo de caso aplicado a uma grande planta fabril é usado para ilustrar as melhores práticas emergentes (*emerging best practices*)

baseadas nos princípios de gerenciamento Kaizen para integrar a gestão de projetos de EE com operações, engenharia e estratégia.

- INTRONA, V., et al., (2014):

Em INTRONA et al. (2014), os autores destacam que o estabelecimento de um SGE pode oferecer muitas vantagens à uma organização, tendo em vista a grande valorização atribuída às questões energéticas e ambientais. Os autores então incorporam as diretrizes gerais dos modelos de maturidade ao campo da GE, criando uma ferramenta que permite avaliar o nível de maturidade de uma empresa de maneira fácil e autônoma, de forma a conduzir a organização a uma gestão adequada de suas necessidades energéticas. Esta metodologia complementa as certificações em SGE estabelecidas na norma ISO 50001.

- BRUNKE, J. C., (2014):

Em um estudo sobre a indústria de cimento na Alemanha, BRUNKE e BLESL (2014) avaliam o potencial de conservação de energia e de redução de emissões de dióxido de carbono de 21 medidas de EE. Os resultados mostraram que as medidas de conservação de energia na etapa de moagem do cimento podem trazer resultados positivos frente aos elevados preços da eletricidade na Alemanha.

- SAYGIN, D., et al., (2012):

No trabalho de SAYGIN et al. (2012), os autores desenvolvem um modelo para avaliar as melhorias no uso de energia e EE da indústria química alemã no período compreendido entre 1995 e 2008. Através da comparação dos resultados obtidos aos dados dos balanços energéticos alemães e dados publicados pela Agência Internacional de Energia (IEA), foram verificadas incertezas no uso final de energia da indústria química básica. Os autores concluem que são necessários mais esforços para melhorar a qualidade das estatísticas energéticas nacionais e internacionais, de modo a torná-las utilizáveis para o monitoramento confiável de melhorias na EE da indústria química.

- LIN, B.; LIN, X., (2015):

Em um estudo sobre a indústria de alumínio eletrolítico da China, LIN BOQIANG e LIN XU (2015) extraem a relação que se estabelece entre o consumo energético e o volume de produção, preço de insumos energéticos e o porte das empresas deste segmento industrial. Os autores utilizam ainda a simulação Monte-Carlo para realizar análises de risco e prever o consumo energético e o potencial de conservação de energia da indústria de alumínio eletrolítico chinesa sob diferentes cenários. Os resultados mostram que o aumento no preço da eletricidade e o porte empresarial são úteis para reduzir o consumo total de energia e que o potencial de conservação de energia do segmento é grande. Os autores também apresentam algumas sugestões de políticas energéticas.

- LIN, B.; ZHAO, H., (2015):

Ao estudar a indústria química da China, LIN e ZHAO (2015) aplicam o método de co-integração para testar a relação entre o consumo de energia e seus fatores de influência como PIB, preços de energia, população e gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Os resultados demonstram a existência de uma relação de longo prazo entre estas variáveis. Os autores ainda estimam a demanda energética e preveem o potencial de economia de energia para a indústria química chinesa sob diferentes cenários. Com base nos resultados obtidos, são sugeridas algumas políticas de economia de energia.

- STENQVIST, C., (2015):

Com base em um conjunto de dados de produção da indústria de papel e celulose da Suécia, STENQVIST (2015) aplica um método de decomposição para verificar a influência da melhoria da EE no consumo de combustíveis, eletricidade e energia primária deste segmento industrial. O autor verifica que enquanto a produção total de papel e celulose praticamente dobrou, o crescimento no consumo de energia primária se limitou a apenas 26% no período compreendido entre 1984 e 2011. Isto se deve não só às técnicas de efficientização energética, mas também a mudanças organizacionais, cuja parcela de participação se tornou mais expressiva a partir do ano 2000.

- SCHULZE, M. et al., (2016):

SCHULZE et al. (2016), em uma revisão sistemática da literatura sobre GE na indústria abrangendo 44 artigos de periódicos científicos selecionados, identificou cinco elementos essenciais para a GE baseada em temas abrangentes identificados no corpo da literatura (estratégia / planejamento, implementação / operação, controle, organização e cultura) e os achados específicos relativos a cada elemento-chave foram sintetizados. Nesta análise, dos 44 artigos selecionados, apenas cinco exploram a GE sob uma perspectiva organizacional, o que revela que essa área é pouco explorada na literatura. No que diz respeito ao foco da pesquisa temática, a análise descritiva revelou um desequilíbrio na literatura no sentido da implementação de diversas medidas de EE, claramente dominadas por uma perspectiva técnica.

2.1.4.2 Critério de Inclusão

Em função do tema proposto da GE na indústria e do problema de pesquisa (barreiras organizacionais), a exploração do conteúdo com a leitura e interpretação dos artigos do portfólio, indicou a necessidade de adicionalmente realizar a inclusão de artigos conforme LEVY e ELLIS (2006), para trazer informações e prover outros dados que sejam úteis ao desenvolvimento da pesquisa. Os artigos complementares estão relacionados ao tema da pesquisa “GE na indústria” e também os resultantes do desdobramento para as abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade. As abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade estão atreladas às áreas de conhecimento designadas para contribuir em remover ou superar as barreiras organizacionais. Os artigos assim considerados serão relacionados atendendo a seguinte disposição: (i) inclusão de artigos complementares sobre o tema da GE na indústria; (ii) inclusão de artigos sobre Engenharia organizacional; (iii) inclusão de artigos sobre a interoperabilidade.

2.1.4.2.1 Inclusão de artigos sobre gestão da energia

São relacionados os seguintes autores/artigos com respeito a complementação de dados sobre a GE na indústria: FAWKES, S. et al. (2016); WORRELL, E. (2011); CHIU, T. Y. et al., (2012); SORRELL, S. et al. (2000); SA, A. et al. (2015); WEBER, L. (1997); VINE, E. (2005); THOLLANDER e PALM (2013); CHOATE, W. T. (2003); POSCH, A. et al. (2015); KRAMER, K. J. et al. (2009); GAUTO, M. (2016); MADLOOL, N. A. et al. (2011); FLEITER, T. et al. (2012);

VIKHOREV, K. et al. (2013); CHRISTOFFERSEN, L. B. et al. (2006); CAPEHART, W. et al. (2003); TURNER, W. C. e DOTY, S. (2007).

2.1.4.2.2 Inclusão de artigos sobre engenharia organizacional

São relacionados os seguintes autores/artigos com respeito as perspectivas do uso da engenharia organizacional: DESCHAMPS, F. et al. (2012); LILES et al. (1996); HOOGERVORST (2009); CHEN e VERNADAT (2002); KIM et al. (2001); MERTINS e JOCHEM (2005); WESKE, M. (2007).

2.1.4.2.2 Inclusão de artigos sobre interoperabilidade

São relacionados os seguintes autores / artigos com respeito às perspectivas do uso da interoperabilidade: GUÉDRIA (2012); PANETTO e MOLINA (2008); VERNADAT, F. (2002); VERNADAT, F. (2007); VERNADAT, F. (2009); JOVANOVIC e FILIPOVIC (2016); SAATY, T. L. (1990); SAATY, T. L. (2008); CHEN, D. et al. (2008); BENGURIA e SANTOS (2008); PANETTO, H. (2007); LEGNER e WENDE (2006); YAHIA, E. (2010); CORNU, C. (2012).

2.1.5 Composição final dos artigos correlatos

Em função da exploração do conteúdo do portfólio bibliográfico, identificou-se uma lacuna da pesquisa para o enfoque dos estudos na área organizacional, já que preponderantemente os trabalhos científicos estão relacionados a aspectos técnicos (EE). O tratamento dos aspectos organizacionais para a GE na indústria está em consonância com o problema de pesquisa, propiciando o uso das abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade em contribuir com melhorias para o SGE. Em decorrência desta situação um desdobramento de pesquisa na base de dados científicos com respeito ao próprio tema da GE na indústria e as abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade, disponibilizou um conjunto de artigos científicos adicionais que suportam os estudos para a solução do problema e as respostas das questões de pesquisa. Estes artigos adicionais compõem juntamente com o portfólio selecionado na RSL da GE na indústria, um conjunto de artigos denominados de artigos correlatos, os quais estão dispostos no Apêndice A.

2.2 GESTÃO DA ENERGIA

2.2.1 Energia

A palavra energia pode ser usada em vários contextos diferentes. Neste trabalho de pesquisa está relacionada com a capacidade de um sistema de produzir atividade externa ou realizar trabalho. A energia também é referida nas suas diversas formas, tais como: eletricidade, combustíveis, vapor, calor, ar comprimido e outras formas análogas, que podem ser compradas, armazenadas, processadas, utilizadas em equipamentos ou em um processo, ou recuperadas.

São relacionadas a seguir algumas definições importantes referentes à energia relatadas no presente texto conforme a NBR ISO 50001/2011:

- Eficiência energética: razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviços, produtos ou energia e uma entrada de energia;
- As expressões “Uso de Energia” relacionam-se ao modo ou tipo de aplicação da energia, como por exemplo iluminação, aquecimento, ventilação, refrigeração, transporte, entre outros e “Consumo de Energia” refere-se à quantidade de energia aplicada.
- Desempenho energético: resultados mensuráveis relacionados à EE, uso de energia e consumo de energia;
- RE: determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria.

O Fluxo de Energia pode ser estabelecido agrupando os conceitos de energia primária, secundária, centro de transformação, consumo final e energia útil, conforme descrito abaixo e representado na Figura 25.

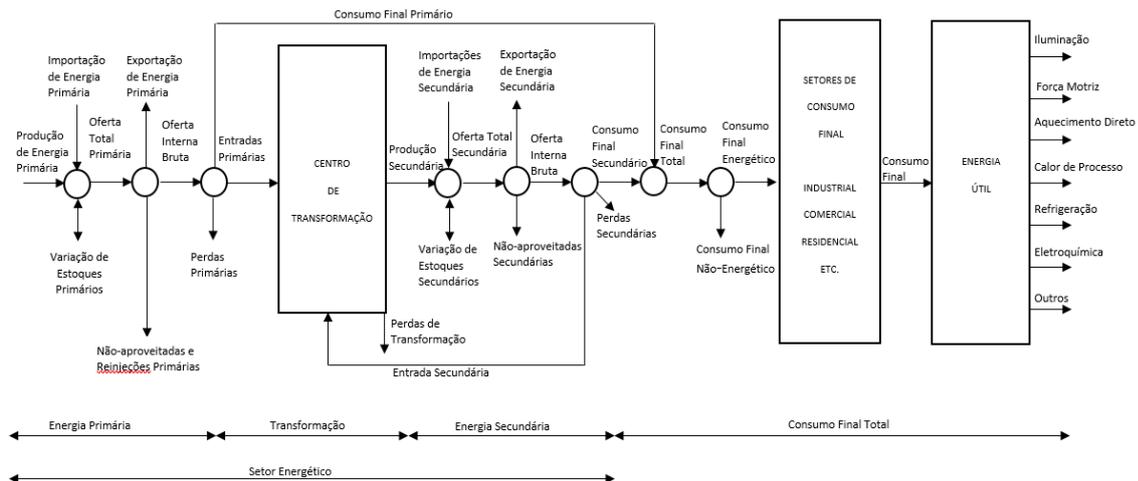


Figura 25 - Fluxo de Energia Primária, Secundária, Centro de Transformação, Uso Final e Útil.
Fonte: BEN (2015), adaptado pelo autor (2018).

- Energia primária - fontes providas pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, nuclear, eólica, etc.
- Energia secundária - resultado dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação. Por exemplo: Óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene, gás, urânio contido no UO2 dos elementos combustíveis, eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico, etc.
- Centro de transformação - centros onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas na transformação. Exemplos: refinarias de petróleo, centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras, carvoarias e destilaria.
- Consumo final - energia primária e secundária que se encontra disponível para ser usada por todos os setores de consumo final do país. De certa forma, é a energia que é comercializada. O consumo final dos setores energéticos é: residencial, comercial, público, agropecuário, transportes, industrial, e o consumo final não-energético é a quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não-energéticos.
- Energia útil - energia disponibilizada ou demandada ao consumidor final, por exemplo na forma de força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica, e outros usos após a última

conversão realizada em seus próprios equipamentos. Corresponde à energia fornecida aos equipamentos descontadas das perdas de conversão.

- Intensidade energética: A relação entre o consumo de energia e qualquer medida da atividade realizada por uma entidade, por exemplo, níveis de produção, área total, número de empregadores, volume de negócios financeiros, etc. O consumo de energia relacionado aos níveis de produção também é referido como "consumo específico".

As unidades de energia usuais, e múltiplos são: joule - J, tonelada equivalente de petróleo - tep (1 tep = 41,868 GJ), caloria - cal (1 cal = 4,1868 J), kWh (1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J) e BTU (1 BTU = 1055 J).

2.2.2 Definições de Gestão da Energia

O termo "Gestão da Energia" (GE) pode ter vários significados em diferentes áreas de conhecimento.

Para efeito deste trabalho de pesquisa, a GE aplicada no setor da IEI, constitui-se de um campo multidisciplinar envolvendo a engenharia, administração, economia, finanças, etc.

A GE pode ser compreendida como o conjunto de procedimentos técnicos e gerenciais que conduz a organização a controlar o uso e consumo da energia de forma sistemática, e assim, melhorar o seu desempenho energético.

A GE é uma ferramenta robusta para melhorar a EE nas indústrias e sua principal atividade é reduzir custos para o suprimento de energia em prédios e instalações industriais sem comprometer os processos de manufatura (SA, 2015).

Em uma indústria na parte organizacional, a GE pode estar envolvida em diversas áreas funcionais tais como, engenharia, produção, manutenção, marketing, recursos humanos, compras, contabilidade, etc. Descreve-se a seguir, na Tabela 8, um conjunto de definições dispostas na literatura.

Tabela 8 - Definições de Gestão da Energia.

| Definição | Fonte |
|---|---|
| O uso eficiente e eficaz da energia para maximizar lucros (minimizar custos) e melhorar aspectos competitivos. | Guide to Energy Management - International Version / CAPEHART B., et al. Cap. 1 pg. 1 |
| GE é o efetivo uso da energia para maximizar lucros e para melhorar pontos competitivos através de medidas organizacionais e otimização de EE nos processos. | KANNAN and BOIE, 2003, p. 946 |
| GE envolve engenharia, projeto, aplicações, utilização, operação e manutenção de sistemas elétricos de potência para prover um uso otimizado da energia elétrica. GE está relacionada com as seguintes profissões e áreas de conhecimento: engenharia, gestão, economia, análise financeira, análise de sistemas, relações públicas, meio ambiente. | IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities / IEEE cap. 1 pg. 2 |
| GE é a proativa, organizada e sistemática coordenação de aquisição, conversão, distribuição e uso da energia para cumprir as exigências, levando em conta objetivos ambientais e econômicos. | Association of German Engineers, 2007, p. 3 |
| GE é a estratégia de coordenar demanda de energia com quando e onde precisa-se dela, otimizando-se o uso de energia em sistemas e procedimentos. | ABDELAZIZ et al., 2011, p. 154 |

Fonte: O autor, (2017).

2.2.3 Sistemas de Gestão da Energia

Um SGE caracteriza-se como um conjunto de elementos inter-relacionados de uma organização para se estabelecer uma política energética, objetivos e maneiras de se alcançar estes objetivos (NBR ISO 50001/2011).

Relata-se a seguir, na Tabela 9, um conjunto de definições presentes na literatura.

Tabela 9 - Definições de Sistemas de Gestão da Energia.

| Definição | Fonte |
|---|---|
| Um sistema de GE estabelece metas, objetivos e alvos para os processos que atuam em uma dada função, monitora performance e implementa ações preventivas e corretivas. | Inside Energy - Developing and Managing an ISO 50001 Energy Management System / ECCLESTON C. et al. Cap. 1 pg. 1 |
| Um sistema de GE sistematicamente coleta e registra o histórico do fluxo de energia servindo como base principal para investimentos e melhorias na EE, ajudando a companhia a cumprir com os acordos feitos na sua política energética. | Energy Management Systems in Practice ISO50001: A Guide for Companies and Organizations / Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Cap. 4 pg. 14 |
| O termo par“sistemas de GE” engloba as estruturas organizacional e de de informação bem como os recursos técnicos necessários a tal. (Software e hardware, por exemplo). | Association of German Engineers. 2007. VDI Guideline 4602 Part I, Energy Management - Terms and Definitions. |

Fonte: O autor, 2018.

2.2.4 Normas de Gestão da Energia

Conforme a ABNT, Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. As normas definem as melhores práticas para áreas diversas. Uma norma de GE compõe uma ferramenta essencial para condução de uma política efetiva e sustentável de EE na indústria.

As normas de GE, foram inicialmente formuladas por institutos e organizações, tais como IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) nos Estados Unidos da América (EUA). Posteriormente foram evoluindo para normas locais (países), como a ANSI (American National Standards Institute). Em seguida, ocorreram publicações de normas por blocos econômicos, como o europeu CEN (European Committee for Standardization) e finalmente por órgãos internacionais, tal como a ISO (International Organization for Standardization).

As principais normas para gestão da energia são:

- i. EUA: ANSI/ME 2000:2000 - A Management System for Energy;
- ii. Dinamarca: DS 2403:2001 - Energy Management System Standard;
- iii. Suécia: SS 627750:2003 - Energy Management Systems Standard;
- iv. Irlanda: IS 393:2005 - Standard on Energy Management System;
- v. Reino Unido: BS EN 16001:2009 - Energy Management Systems;
- vi. Espanha: UNE 216301:2007 - Sistema de Gestión Energética;
- vii. Coreia do Sul: KSA 4000:2007 - Standards for Energy Management;
- viii. África do Sul: SANS 879:2009 - Energy Management - Specifications;
- ix. China: GB/T 23331:2009 - Energy Management Systems - Requirements;
- x. Europa: EN 16001:2009 - Energy Management Systems - Requirements with guidance for use;
- xi. Brasil: ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientações para uso;
- xii. Internacional Organization: ISO 50001 - Energy Management Systems - Requirements with guidance for use.

As definições sobre normas de GE estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Definições de Normas.

| Definição | Fonte |
|---|--|
| Normas de GE estabelecem ligações próximas entre práticas de negócio para a GE e valores fundamentais da indústria para redução de custo, aumento da produtividade, cumprimento da legislação ambiental e competitividade global. | Definição UNIDO para Norma ISO 50001 |
| Esta norma especifica requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria de um SGE, cujo propósito é habilitar uma organização a seguir uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo EE, uso e consumo de energia. | ABNT NBR ISO 50001/2011 pg 1 - Escopo |
| Esta norma especifica os requisitos para um sistema de GE (MSE) que permite uma organização ter uma abordagem sistemática na melhoria contínua do desempenho da energia, que pode incluir intensidade energética melhorada, aumento no uso de energias renováveis e redução nos gastos com energia. | ANSI/MSE 2000-2008 |
| A DIN-EN-16001 é uma norma europeia para Sistemas de GE (EnMS) que sistematicamente registra o fluxo de energia e servem como base principalmente para investimentos em melhoria na EE. | DIN-EN-16001 |

Fonte: O autor, 2018.

2.2.4.1 A série de normas ISO 50000

A *International Organization for Standardization* (ISO) é uma organização sediada em Genebra, Suíça, sendo representada no Brasil pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Esta organização publicou mais de 18.500 normas com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento no âmbito econômico, ambiental e social. As soluções abrangem a maioria dos setores existentes como agricultura, construção civil, engenharia, manufatura, transporte, medicamentos, energia, informação, comunicação, qualidade e serviços.

O comitê técnico ISO/TC 242 auxiliou no desenvolvimento da norma ISO 50001 e continua ativo na elaboração de outras normas que fazem parte da família ISO 50000. O comitê é liderado pelos órgãos americano (ANSI) e brasileiro (ABNT), contando com a participação de 51 países e outros 25 observadores.

A série de normas ISO 50000 (Sistema de Gestão da Energia) surgiu a partir de 2008, quando a ISO definiu que os Estados Unidos e Brasil coordenariam essa tarefa a partir do Comitê Técnico TC 242, conforme representado na Figura 26. Já havia uma preocupação por parte de diversos países referente à GE desde 2005 e o propósito do desenvolvimento dessas normas é usa-las para melhorar o desempenho energético de qualquer tipo e porte de organização.

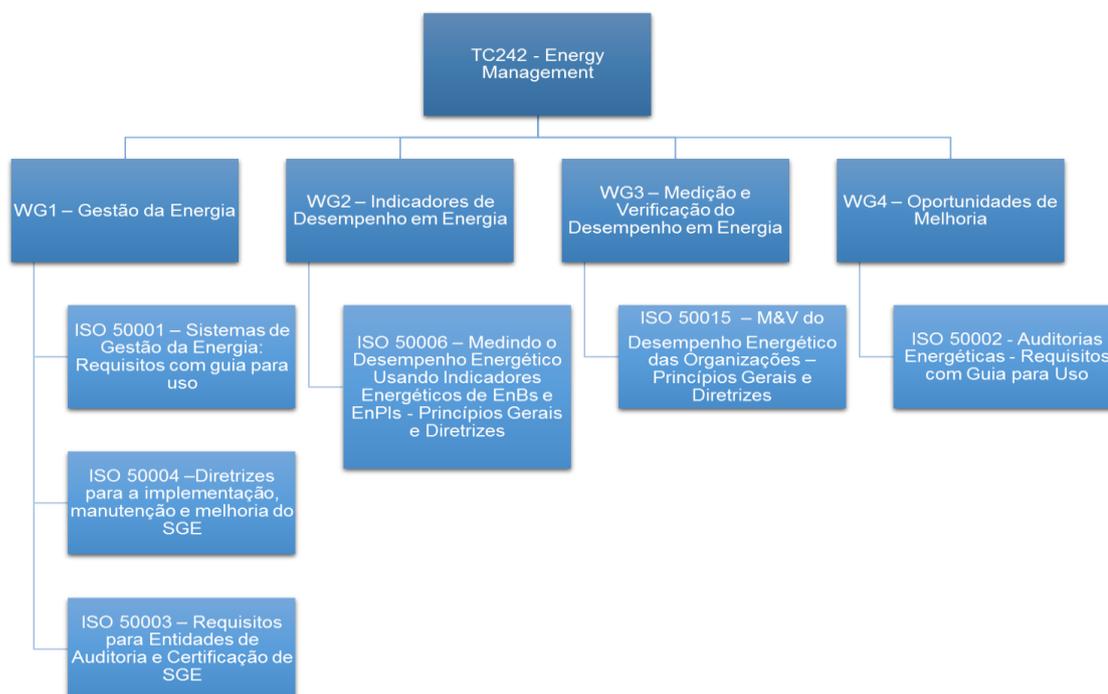


Figura 26 - Formação dos Grupos de Trabalho - WGs dentro da estrutura do TC-242.
Fonte: ISO/TC 242.

A série de normas ISO 50000 complementa um conjunto de normas já lançadas de ampla aplicação internacional, tais como a ISO 9001:2015 e a ISO 14001:2015. Estas normas possuem vários pontos em comum e têm como base o ciclo de melhoria contínua PDCA - *Plan* (Planejar), *Do* (Executar), *Check* (Verificar), *Act* (Agir) - além de apresentarem um *framework* de mesmo formato, facilitando suas aplicações em qualquer organização independentemente de tipo, porte e nacionalidade.

1. ISO 50001 - Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso.

A norma ISO 50001 - *Energy Management Systems - Requirements with guidance for use* - está disponível desde 15/06/2011. No Brasil a norma correspondente é a ABNT NBR ISO 50001:2011, publicada na mesma data da norma internacional.

A norma especifica os requisitos para estabelecer um SGE, fornecendo as diretrizes para otimizar o uso de energia nos processos e equipamentos. Por

consequente, reduzir emissões de GEE, impactos ambientais e custos energéticos em uma organização.

2. ISO 50002 - Diagnósticos Energéticos - Requisitos com orientações para uso.

A norma ISO 50002:2014 - *Energy Audits - Requirements with guidance for use* - está disponível desde 23/06/2014. No Brasil, a norma correspondente é a ABNT NBR ISO 50002:2014 que está em vigor desde 28/12/2014.

A ABNT NBR ISO 50002:2014 tem como foco a realização de diagnósticos energéticos, trata dos princípios para realização de auditorias, requisitos para os processos de avaliação e melhoria no desempenho energético em uma organização. Por meio de uma auditoria analisa-se detalhadamente o desempenho energético dos processos e equipamentos da organização. Assim, é possível fornecer recomendações para otimizar o uso e consumo energéticos, verificar onde há desperdícios, quais equipamentos apresentam consumo anormal e mostrar os benefícios financeiros que podem ser obtidos através destas recomendações. Tal norma pode ser aplicada a todos os setores industriais e para os mais diversos tipos de energia.

3. ISO 50003 - Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de Gestão da Energia.

A norma ISO 50003:2014 - *Energy Management Systems - Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems* - encontra-se disponível desde 14/10/2014. No Brasil, a norma correspondente é a ABNT NBR ISO 50003:2016, publicada em 29/06/2016.

A ABNT NBR ISO 50003:2016 especifica os requisitos para realização de auditorias consistentes, eficientes e justas, tendo como público alvo os profissionais envolvidos em processos de certificação energética. Apresenta os requisitos e competências necessários para colaborar com outras normas voltadas à efficientização de sistemas energéticos e estabelecimento de sistemas de gestão eficazes.

4. ISO 50004 - Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria de um SGE.

A norma ISO 50004:2014 - *Energy Management Systems - Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system* - encontra-se disponível desde 15/10/2014. No Brasil, a norma correspondente é a ABNT NBR ISO 50004:2016, publicada em 29/03/2016.

Apresentando ferramentas para a implementação, manutenção e melhoria de um SGE, a norma ISO 50004 é útil para orientação e demonstração de exemplos, sendo aplicável a todos os tipos de organizações. Esta norma consolida o modelo de GE proposto pela norma ISO 50001, que serve de referência para aplicação da norma ISO 50004.

5. ISO 50006 - Sistemas de Gestão da Energia - medindo o desempenho energético, utilizando Linha de Base Energética (EnB) e de Indicadores de Desempenho energéticos (EnPIs) - princípios gerais e diretrizes.

A norma ISO 50006:2014 - *Energy Management Systems - Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance* - foi publicada no dia 15/12/2014. No Brasil, a norma correspondente é a ABNT NBR ISO 50006:2016, publicada em 29/03/2016.

Referente a IDE, a norma é utilizada para guiar e organizar as definições e o uso desses indicadores e fazendo uso da linha base energética, sendo utilizada como base no processo de medição do desempenho energético. Pode ser utilizada por qualquer organização no gerenciamento da energia em suas diversas formas.

6. ISO 50007 - Serviços de energia - Diretrizes para a avaliação e melhoria do serviço de energia para usuários.

A norma ISO 50007:2017 - *Energy Services - Guidelines for the assessment and improvement of the energy service to users* - foi publicada em Junho de 2017 e ainda não se encontra disponível no Brasil.

A ISO 50007:2017 fornece diretrizes de práticas recomendadas para provedores de serviços de energia, a fim de melhorar continuamente suas práticas e

qualidade de interação com os usuários. Ela contempla os serviços de energia em duas grandes categorias: (i) fornecimento / geração e distribuição de energia; (ii) aconselhamento e melhoria da EE.

7. ISO 50015 - Medição e verificação do desempenho energético das organizações.

A norma ISO 50015:2014 - *Energy Management Systems - Measurement and verification of energy performance of organizations - General principles and guidance* - foi publicada em 15/12/2014 e ainda não se encontra disponível no Brasil.

Seu objetivo é estabelecer diretrizes para verificar o desempenho energético da organização, cuja vantagem é trazer credibilidade ao sistema e cooperação dos resultados para obter um sistema mais eficiente. A norma traz um entendimento a respeito da medição e verificação e como ela é aplicada nas mais diferentes organizações.

8. Normas em desenvolvimento pelo comitê técnico ISO/TC 301 - *Energy management and energy savings*.

Diversas normas da série ISO 50000 ainda estão sendo desenvolvidas e não possuem data definida para publicação. A relação das normas da série ISO 50000 atualmente em desenvolvimento é apresentada a seguir:

- ISO/DTS 50008 - *Building energy data management for energy performance - Guidance for a systemic data exchange approach*;
- ISO/DIS 50021 - *Energy management and energy savings - General guidelines for selecting energy savings evaluators*;
- ISO/CD 50044 - *Energy Savings Evaluation - Economics and financial evaluation of energy saving projects*;
- ISO/DIS 50045 - *Technical guidelines for evaluation of energy savings of thermal power plants*;
- ISO/DIS 50046 - *General quantification methods for predicted energy savings (PrES)*.

2.3 INDÚSTRIA DE USO INTENSIVO DE ENERGIA

As IEI, também designadas indústria de uso intensivo de energia, apresentam grande consumo energético, principalmente em seus processos de transformação de matéria prima e combustíveis, em produtos manufaturados ou outros combustíveis.

As IEI são empresas de grande porte com papel fundamental no desenvolvimento econômico e social de qualquer país, e em consequência do alto consumo de energia em seus processos, o insumo energia é de grande importância em seus negócios.

Conforme a diretriz da Regulação sobre a Prevenção e Controle da Poluição da União Europeia - EU 2000, indústrias de uso intensivo da energia são definidas como empresas que apresentam indicadores de intensidade energética com valores acima de 3% (o custo da energia deve ser de 3% ou maior no valor de custo de sua produção).

Os aspectos principais da EE que as IEI têm em comum são as severas condições (por exemplo, altas temperaturas) que seus processos operam.

As IEI apresentam grandes oportunidades de redução da energia dispendida nos processos, sendo requerida na maioria dos casos à análise do:

- i. Desenho (redesenho) do processo industrial e suas implicações.
- ii. Dissipação de calor residual para a atmosfera.
- iii. Fluxo de resíduos não utilizados.

A classificação de IEI ou indústrias de uso intensivo de energia apresenta pequenas variações conforme o país, e também dentro do próprio país, seja por organizações governamentais ou privadas.

Nos Estados Unidos, a Agência Internacional de Energia (IEA) considera indústrias do alumínio, ferro e aço, cimento, vidro, refinaria de petróleo, papel e celulose e indústrias do setor alimentício como grandes consumidoras de energia (IEA, 2012), conforme apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação das indústrias.

| Manufatura uso intensivo de energia | Manufatura uso não intensivo de energia | Demais indústrias |
|--|--|---------------------------------------|
| Produtos alimentícios | Bens base de metal | Produção agrícola |
| Papel e derivados | Produtos fabricados de metais | |
| Produtos químicos a granel | Maquinários | |
| Inorgânicos | Computadores e Produtos eletrônicos | Outros produtos agrícolas |
| Orgânicos | Equipamentos elétricos e aplicações | Minério de carvão |
| Agricultura | Equipamentos de transporte | Extração de óleo e gás |
| Química | | Metal e outros minérios não metálicos |
| Vidro e produção de vidro | Outros | |
| Cimento e cal | Produtos derivados da madeira | |
| Aço e ferro | Plásticos e produtos de borracha | Construção |
| Alumínio | | |

Fonte: IEA. 2012.

No Brasil a CNI considera Indústrias de cerâmica, vidro, químico, siderurgia, alumínio, papel e celulose como energo-intensivas. De outra forma a Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (ABRACEL), tem entre suas associadas, indústrias do alumínio, cloro/soda, cimento, siderurgia, petroquímica, papel e celulose, vidros, fertilizantes, ferro-ligas, mineração, têxtil e gases, sendo assim consideradas indústrias de uso intensivo de energia. O MME, através da EPE classifica os grandes consumidores industriais do Brasil como indústrias do alumínio, siderurgia, ferro-ligas, cobre, petroquímica (produção de eteno), soda-cloro, papel e celulose e cimento.

Embora haja divergência quanto à classificação de quais são os tipos de IEI conforme relatado anteriormente, em termos deste trabalho de pesquisa serão considerados os seguintes setores industriais: Cimento, ferro e aço, papel e celulose, petroquímica, química, alumínio e vidro.

Para as indústrias IEI, também ocorre uma subclassificação quanto ao tipo de insumo energético preponderante. No caso do insumo energético eletricidade as IEI são designadas complementarmente também como eletro-intensivas.

2.3.1 Indústria de Papel e Celulose

2.3.1.1 Panorama Mundial e Nacional

O setor de papel e celulose é um dos segmentos industriais mais tradicionais e bem estabelecidos em todo o mundo. A indústria mundial de papel e celulose apresentou significativo crescimento no período compreendido entre os anos de 2000 e 2008. A partir de 2009, em função da crise econômica mundial, houve certo recuo, e em 2010 iniciou-se o processo de recuperação, principalmente no mercado mundial de celulose, respaldado pela retomada das compras por parte da China e pelo terremoto no Chile, que provocou uma queda nas exportações daquele país, favorecendo o Brasil.

O segmento de papel e celulose respondeu por cerca de 9% da energia total consumida pelo setor industrial da Alemanha em 2012, enquanto na Áustria, o setor respondeu por 6,7% da energia total consumida no país em 2013 (FLEITER et al, 2012). Em geral, as plantas do segmento de papel e celulose pertencem a grandes corporações mundiais, que possuem subsidiárias em diversos países e são altamente verticalizadas (BERNI et al., 2010).

O Brasil ocupa atualmente a 4^a (quarta) posição entre os maiores produtores mundiais de celulose e pastas (IBÁ, 2015), e a 11^a (décima primeira) posição entre os maiores produtores mundiais de papel (BERNI et al., 2010). No período compreendido entre 1970 e 2013, a produção brasileira de celulose apresentou taxa média de crescimento de 7,1% ao ano, enquanto a produção de papel cresceu 5,4% ao ano, o que indica que há um forte potencial de ampliação da indústria no país, impulsionado pelo mercado externo e pela demanda interna (IBÁ, 2015).

2.3.1.2 Oportunidade de Eficiência Energética

A indústria de papel e celulose faz uso intensivo de energia, respondendo por 4,3% do consumo total de energia no Brasil em 2014 (EPE, 2015). Apesar de energointensiva, boa parte da energia consumida pelo setor é gerada por fontes renováveis, com destaque para a energia gerada a partir dos subprodutos de seu processo produtivo, como o licor negro e a biomassa. A Tabela 12 apresenta as oportunidades de EE na indústria de papel e celulose.

Tabela 12 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Papel e Celulose.

| Setor | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|---|--|---|
| Papel e Celulose - Preparação de matérias- primas | <ul style="list-style-type: none"> • Descascadores • Manuseio e triagem automatizadas de cavacos • Substituição de transportadores pneumáticos por transportadores à correia | <ul style="list-style-type: none"> • Triagem de cavacos tipo barra • Uso de calor de fontes secundárias ao invés de vapor no descascamento • Condicionamento de cavacos |
| Polpação Química - Polpação | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de catalisadores para aumento de produtividade na polpação • Recuperação de calor do digestor • Otimização do controle do fator de diluição • Recuperação de calor dos efluentes de branqueamento | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de controle de digestão contínua • Melhoria do processo de lavagem da pasta marrom • Melhoria no digestor • Troca de calor do dióxido de cloro |
| Polpação química - Branqueamento | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de calor dos efluentes de branqueamento • Troca de calor do dióxido de cloro • Melhoria do processo de lavagem da pasta marrom | |
| Polpação química - Recuperação química | <ul style="list-style-type: none"> • Enriquecimento de oxigênio no forno de cal • Melhoria dos tubos compósitos da caldeira de recuperação • Modificação do forno de cal • Monitoração de deposição na caldeira de recuperação | <ul style="list-style-type: none"> • Precipitação eletrostática no forno de cal • Injeção de ar quaternária • Concentração de sólidos no licor negro |
| Pasta mecânica | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias no refinador • Aumentar o uso de polpa reciclada • Otimização do refinador para o uso geral da energia • Recuperação de calor do processo de destinturação de fibras • Moedor pressurizado • Fracionamento de fibras recicladas | <ul style="list-style-type: none"> • Recicagem contínua de pasta • <i>Thermopulping</i> • Rotores eficientes para reciclagem de pasta • Cortadores com tambor • Recuperação de calor na polpação termo mecânica |
| Fabricação do Papel | <ul style="list-style-type: none"> • Controles avançados de secagem • Desperdício na recuperação de calor • Controle do ponto de condensação • Processo de corte à vácuo • Desidratação e hidratação energeticamente eficientes • Prensa de sapata | <ul style="list-style-type: none"> • Barras secadoras e sifões estacionários • Redução de perdas por sopro • Secador de esteira • Requisitos de redução de ar • Secagem por impacto de ar • Otimização da temperatura de ventilação |

Fonte: KRAMER et al.(2009), adaptado pelo autor (2018).

2.3.2 Indústria de Petróleo e Gás Natural

2.3.2.1 Panorama Mundial e Nacional

O petróleo é a principal fonte de energia utilizada no mundo atualmente. Um barril de petróleo em estado natural armazena energia suficiente para gerar cerca de 1.680 (mil seiscentos e oitenta) kWh (GAUTO, 2016). O petróleo também possui aplicações como matéria-prima para a fabricação de diversos produtos: Lubrificantes,

tecidos sintéticos, tintas, plásticos e seus derivados, entre outros, o que faz que seu consumo mundial atinja a casa de bilhões de barris por mês.

As regiões geográficas que mais consomem petróleo no mundo em “milhões de barris/dia” são: Asia-Pacífico com um consumo de 32,4, seguida da América do Norte com consumo de 23,6, Europa e Eurásia com 18,4, Oriente Médio com 9,6, Américas Central e do Sul com 7,1, e por fim a África com 3,9.

O consumo global de gás natural alcançou 3,5 trilhões de m³ em 2015. No ranking dos maiores consumidores mundiais de gás natural, os Estados Unidos ocupam a primeira posição, consumindo 778 bilhões de m³ (22,4% do total mundial), em segundo lugar a Rússia, com 391,5 bilhões de m³ (11,3% do total mundial) em 2015 (ANP, 2016).

O Brasil ocupa a 12^a (décima segunda) posição no ranking mundial de produção de petróleo, totalizando 2,5 milhões de barris/dia (2,8% do total mundial) em 2015 (ANP, 2016). A produção em mar correspondeu a 93,4% do total, e o estado do Rio de Janeiro lidera a produção no país. O Brasil conta, atualmente, com aproximadamente 8.892 (oito mil oitocentos e noventa e dois) poços de petróleo (8.106 em terra e 786 em mar).

No que diz respeito a gás natural, o Brasil ocupou a 30^a (trigésima) posição no ranking mundial de produtores no ano de 2015, com produção de 35,1 bilhões de m³, sendo 76,1% (26,7 bilhões de m³) produzidos em mar e 23,9% (8,4 bilhões de m³) em terra. Nos últimos 10 anos, a produção brasileira de gás natural apresentou crescimento médio de 7,9% ao ano, com crescimento acumulado de 98,5% (ANP, 2016).

2.3.2.2 Oportunidade de Eficiência Energética

A Tabela 13 apresenta as oportunidades de EE na indústria de petróleo e gás.

Tabela 13 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Petróleo e Gás.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|---|---|---|
| Etileno | <ul style="list-style-type: none"> • Bobinas de forno mais seletivas • Melhorias nos Trocadores de calor da linha de referência • Melhorias nos Trocadores de calor da linha de referência • Trocadores de calor da linha de referência secundários • Fornos de fenda com maior eficiência • Turbinas de gás pré-acopladas aos fornos de fenda • Elevar a temperatura no fundo dos fracionadores de gasolina | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias na recuperação de calor em processos de resfriamento da água • Redução da queda de pressão nos inter-estágios de compressores • Expansor adicional no desmetanizador • Refervedores adicionais • Aumento da área de superfície dos trocadores de calor • Otimização do balanço de vapor e potência • Melhorias nos compressores |
| Aromáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias na recuperação de produtos | <ul style="list-style-type: none"> • Extrusão de composição online |
| Polímeros | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de vapor de baixa pressão | <ul style="list-style-type: none"> • Reutilização de solventes, óleos e catalisadores |
| Óxido de Etileno / Etilenoglicol | <ul style="list-style-type: none"> • Catalisadores de elevada seletividade • Design ótimo EO/EG-sections • Evaporadores multi-efeitos | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação e venda de produtos • Integração de processos |
| Dicloreto de Etileno / Monômero Cloreto de Vinila | <ul style="list-style-type: none"> • Otimização dos ciclos de reciclagem • Cloração direta do etileno gasoso | <ul style="list-style-type: none"> • Craqueamento catalítico FCC |
| Estireno | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação condensada e integração de processos | |
| Minério de ferro e reveses ferrosos Minério de ferro e preparação (Sinterização) | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de calor dos sinterizadores e resfriador de sinter • Redução do vazamento de ar • Aumento da profundidade dos leitos de sinterização • Sinterização com otimização de emissões | <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de combustíveis residuais no método de carregamento melhorado da planta de sinterização • Aumento da eficiência dos fornos de ignição |

Fonte: Adaptado pelo autor de FAWKES et al., 2016.

2.3.3 Indústria de Cimento

2.3.3.1 Panorama Mundial e Nacional

O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, e a segunda substância mais consumida no planeta, atrás apenas da água. O cimento é composto por uma mistura de minerais finamente triturados, que quando adicionada de água, areia e cascalho, fornece as ligações químicas necessárias para formar o concreto. Segundo CHOATE (2003), a quantidade de concreto consumida equivale a duas vezes a quantidade total de todos os outros materiais empregados na construção em todo o mundo (incluindo madeira, aço, plástico, vidro e alumínio).

A produção mundial de cimento aumentou em 100% nos últimos dez anos, principalmente em países como a China e Índia. Em países desenvolvidos e em desenvolvimento, a demanda por cimento está intimamente relacionada ao uso do concreto na construção civil, ao crescimento populacional e ao produto interno bruto, haja vista que praticamente toda a produção de cimento está voltada ao atendimento da indústria do concreto. Por essa razão, as indústrias do cimento e concreto estão intimamente relacionadas no que tange a análises de emissões de poluentes e uso da energia (CHOATE, 2003).

A energia consumida pelo setor industrial varia de 30 a 70% do total da energia consumida por um país, e a indústria do cimento responde pelo consumo de uma parcela considerável deste montante.

A indústria brasileira de cimento desempenha um papel importante no cenário internacional, ocupando a 4ª posição no ranking dos maiores produtores mundiais em 2014 com 71,2 milhões de toneladas produzidas, provenientes de cinquenta e oito fábricas gerenciadas por dez grupos de fabricantes: Votorantim, João Santos, Cimpor, Holeim, Camargo Corrêa, Lafarge, Ciplan, Itambé e CCRG. O país figura também como um grande consumidor, com 71,7 milhões de toneladas consumidas no mesmo ano (348 kg/hab) (ABCP, 2016).

2.3.3.2 Oportunidades de Eficiência Energética

A energia necessária para a produção do cimento apresentou redução de 33% desde a década de 1970. Este aumento na EE se deu, em grande parte, pela adoção massiva do processo de produção por via seca pelas indústrias ao redor do mundo (CHOATE, 2003). Em indústrias de cimento modernas, a energia responde por 29% do custo final produção, as matérias-primas (27%), custos operacionais (32%) e depreciação (12%) (MADLOOL, 2011).

Os custos envolvidos no piroprocessamento são significativos, o que levou as indústrias a buscarem combustíveis alternativos para minimizar os custos energéticos desta etapa. Segundo Choate (2003), a indústria de cimento opera com menos de 40% de eficiência térmica, desta forma, os maiores ganhos de EE e redução de emissão de gases estufa se darão por aprimoramentos na etapa de piroprocessamento. O aprimoramento se dará por uma melhor GE, modernização dos equipamentos instalados na planta, adoção de novas tecnologias de

piroprocessamento, e, futuramente, investimentos em P&D para obtenção de novas tecnologias para a produção do clínquer. A utilização da biomassa e rejeitos como óleos usados, solventes e pneus como combustíveis alternativos para o piroprocessamento também pode contribuir indiretamente na melhoria da EE deste tipo de indústria.

Durante a produção de cimento e concreto, o uso de energia elétrica se concentra nos processos de britagem, transporte e trituração das matérias-primas e clínquer, dessa forma, melhorias nestes processos poderiam contribuir com o aumento da EE no processo de fabricação desses produtos. A Tabela 14 apresenta as oportunidades de EE na indústria de cimento e concreto.

Tabela 14 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Cimento e Concreto.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|--|---|---|
| Produção de cimento - Preparação das matérias-primas | <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transporte eficiente (via seca) • Mistura e homogeneização (via úmida) • Sistema de mistura de matérias-primas (via seca) • Conversão para moinhos de lavagem em circuito fechado (via úmida) | <ul style="list-style-type: none"> • Moinhos de rolos de alta eficiência (via seca) • Classificadores de alta eficiência (via seca) • Preparação de combustíveis: Moinhos de rolos |
| Produção de clínquer (via úmida) | <ul style="list-style-type: none"> • Gestão da energia e controle de processos • Substituição do selo • Melhorias no sistema de combustão do forno • Redução da perda de calor na estrutura do forno • Uso de combustíveis residuais • Conversão para resfriadores de grelhas modernos • Refratários • Otimizar resfriadores de grelhas | <ul style="list-style-type: none"> • Conversão para fornos de pré aquecimento e pré calcinação • Conversão para forno de via semi-seca (secador de pasta) • Conversão para forno de via semi-úmida • Acionamento eficiente de fornos • Enriquecimento de oxigênio |
| Produção de clínquer (via seca) | <ul style="list-style-type: none"> • Gestão da energia e controle de processos • Substituição do selo • Melhorias no sistema de combustão do forno • Redução da perda de calor na estrutura do forno • Uso de combustíveis residuais • Conversão para resfriadores de grelhas modernos • Refratários • Recuperação de calor para geração de energia elétrica • Ciclones de baixa queda de pressão para suspensão | <ul style="list-style-type: none"> • Pré aquecedores • Otimizar resfriadores de grelhas • Inclusão do pré calcinador ao forno de pré aquecimento • Conversão de fornos rotativos de secagem para fornos de pré-aquecimento multi-estágios • Conversão de fornos rotativos de secagem para fornos de pré-aquecimento e pré-calcinação multi-estágios • Acionamento eficiente de fornos • Enriquecimento de oxigênio |
| Produção de cimento - Moagem final | <ul style="list-style-type: none"> • Gestão da energia e controle de processos | <ul style="list-style-type: none"> • Otimização dos sistemas de ar comprimido • Iluminação eficiente |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aprimoramento nos meios de moagem (moinhos de esferas) • Rolo de imprensa de alta pressão de moagem • Classificadores de alta eficiência • Medidas gerais • Manutenção preventiva (isolação, sistema de ar comprimido) • Motores de alta eficiência • Ventiladores eficientes com acionamento de velocidade variável | <ul style="list-style-type: none"> • Cimento composto • Cimento carbonático • Mudanças no produto e matérias primas • Cimento de baixa alcalinidade • Utilização de escória de aço no forno • Redução da fineza do cimento para usos selecionados |
|--|---|

Fonte: FAWKES et al., 2016.

2.3.4 Indústria de Ferro e Aço

2.3.4.1 Panorama Mundial e Nacional

A indústria siderúrgica mundial se encontra em franca expansão, porém há preocupações quanto ao suprimento de matérias-primas para a produção do aço. Inúmeras fusões e aquisições de empresas atuantes no ramo fizeram com que as atividades de suprimentos se concentrassem em poucas grandes empresas, prejudicando a competitividade no setor (ABM, 2008).

O setor siderúrgico do Brasil dispõe de enormes suprimentos de minério de ferro e pelotas, em função da disponibilidade ímpar de minério de ferro no país. Visando atender a expansão do setor siderúrgico nacional, foram realizados altos investimentos na mineração, pelotização e logística, o que fez com que a capacidade de produção de minério de ferro atingisse cerca de 632 milhões de toneladas em 2012 (ABM, 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, alguns fatores diferenciam o uso da sucata na siderurgia brasileira em relação ao quadro mundial: (i) elevada participação das usinas integradas na produção do aço; (ii) disponibilidade de ferro-gusa ofertado por produção independente; (iii) exportação de uma parcela significativa do semi-acabado produzido pela indústria nacional; (iv) mais de um terço do aço produzido no país é destinado a exportação; (v) produção automobilística desproporcional em relação à renda *per capita* do país.

2.3.4.2 Oportunidade de Eficiência Energética

Segundo estudo emitido pela CNI, em parceria com a Eletrobrás e o Procel (CNI, 2009), projetos de cogeração se destacam como oportunidades de EE no

segmento de siderurgia, haja vista que os processos térmicos respondem pelo maior consumo de energia no processo de produção do aço. Assim, ações de otimização dos processos térmicos são primordiais para melhorar a EE do setor.

Entre as principais barreiras apontadas para a melhoria da EE no setor de ferro e aço, destacam-se: (i) estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente; (ii) necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de EE e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis; (iii) indisponibilidade de determinadas tecnologias; (iv) elevados investimentos iniciais (CNI, 2009). A Tabela 15 apresenta as oportunidades de EE na indústria de ferro e aço.

Tabela 15 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria Ferro e Aço.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|---|--|--|
| Produção de ferro - Alto forno | <ul style="list-style-type: none"> • Injeção de carvão pulverizado • Injeção de gás natural • Injeção de petróleo • Injeção de rejeitos plásticos • Injeção de gás do forno de coque e convertedor de oxigênio • Utilização de aglomerados compósitos de carbono • Turbinas de recuperação de gás de topo • Recuperação de gás do alto-forno | <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem de gás de topo • Controle aprimorado do alto-forno • Recuperação de calor da escória • Pré aquecimento do combustível para o queimador de gás • Melhorias na combustão do queimador de gás • Controle aprimorado do queimador de gás |
| Produção de aço - Convertedor de oxigênio | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de gás do convertedor de oxigênio e calor sensível • Ventiladores de resfriamento com acionamento de velocidade variada • Pré aquecimento da panela de refino | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias na monitoração e controle dos processos • Programação eficiente do aquecimento da panela de refino |
| Produção de aço - Forno a arco elétrico | <ul style="list-style-type: none"> • Acionamentos de velocidade variável • Queimadores de oxcombustível • Queima dos gases resultantes da combustão • Melhorias no processo de controle | <ul style="list-style-type: none"> • Forno a arco em corrente contínua • Pré aquecimento da sucata • Injeção de rejeitos • Injeção de fundo / injeção de gás |
| Conformação e refino | <ul style="list-style-type: none"> • Integração da fundição e laminação • Pré-aquecimento de matérias-primas • Aquecimento das caldeiras | |
| Moldagem | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de unidades de acionamento eficientes • Inversores com tiristores GTO • Instalação de sistema de lubrificação automatizado | |
| Laminação a quente | <ul style="list-style-type: none"> • Queimadores recuperativos ou regenerativos • Queimadores sem chama • Controle dos níveis de oxigênio • Ventiladores de exaustão com acionamento de velocidade variável • Carregamento quente para laminação | <ul style="list-style-type: none"> • Integração da fundição e laminação • Temperatura de reaquecimento apropriada • Controle de processo no moinho de tira quente • Recuperação de calor do produto • Perdas na recuperação de calor da água de resfriamento |

| | | |
|------------------|---|---|
| Laminação a frio | <ul style="list-style-type: none"> • Recozimento contínuo • Redução de perdas na linha de recozimento | <ul style="list-style-type: none"> • Redução da utilização de vapor na linha de decapagem a ácido • Isolamento entre eletrodos na linha de decapagem eletrolítica |
|------------------|---|---|

Fonte: FAWKES et al., 2016.

2.3.5 Indústria do Vidro

2.3.5.1 Panorama Mundial e Nacional

A indústria vidreira é energo-intensiva, pois utiliza fornos de elevada temperatura, onde estas matérias primas são misturadas a um calor de cerca de 1.500 °C. Devido às suas características físicas, o vidro possui inúmeras aplicações, em embalagens para alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos, na indústria automobilística, na construção civil e também em utensílios domésticos.

Os principais produtores de vidro são Japão, Estados Unidos (EUA), China, Alemanha, França, Itália, Espanha, Bélgica e Portugal. A China é o país que apresentou maior crescimento nos últimos anos, em função do aquecimento do mercado automotivo e das grandes demandas na construção civil (BNDES, 2007).

O setor vidreiro brasileiro se concentra no atendimento da demanda interna. Em 2006, a capacidade instalada da indústria do vidro no Brasil era de 3,1 milhões de toneladas, sendo que vidro plano, vidro para embalagem e vidro para uso doméstico representaram 90% desse total, conforme apresentadas na Tabela 16 (BNDES, 2007).

Tabela 16 - Capacidade instalada da indústria de vidro no Brasil (Mil t/ano).

| SEGMENTO | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vidros Planos | 550 | 550 | 800 | 800 | 800 | 1.110 | 1.050 | 1.050 | 1.240 | 1.240 | 1.240 |
| Vidros para Embalagens | 1.048 | 1.048 | 1.497 | 1.497 | 1.521 | 1.335 | 1.358 | 1.293 | 1.277 | 1.292 | 1.297 |
| Vidros para Uso Doméstico | 200 | 200 | 205 | 218 | 227 | 236 | 236 | 296 | 283 | 220 | 228 |
| Vidros Técnicos | 215 | 215 | 221 | 225 | 235 | 241 | 264 | 265 | 297 | 332 | 325 |
| Total | 2.013 | 2.013 | 2.723 | 2.740 | 2.783 | 2.922 | 2.908 | 2.904 | 3.097 | 3.084 | 3.090 |

Fonte: Adaptado pelo autor de BNDES, 2007.

2.3.5.2 Oportunidade de Eficiência Energética

A fabricação de vidro, que compreende uma série de processos térmicos, é classificada como intensiva em energia. A energia consumida é utilizada principalmente para aquecimento direto. A Tabela 17 apresenta as oportunidades de EE na indústria de cimento e concreto.

Tabela 17 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria do vidro.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|--|--|--|
| Vidro - Preparação de matérias-primas | <ul style="list-style-type: none"> • Trituração - Nova tecnologia • Motores de alta eficiência • Misturadores com acionamento de velocidade variável • Agentes fluxantes • Correias de alta eficiência • Redução da umidade do lote | <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transporte a correia • Loteamento seletivo • Separação de cacos e fragmentos de vidro e sistemas de moagem • Otimização de transportadores a correias • Preparação dos cacos e fragmentos de vidro |
| Vidro - Fusão | <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de controle de processos • Refratários / Isolação • Redução do excesso de ar / Redução de vazamento de ar • Posicionamento apropriado dos queimadores • Queimadores de pré-mistura • Queimadores selados | <ul style="list-style-type: none"> • Ventiladores de ar de combustão com acionamento de velocidade variável • Queimador de baixo NOx • <i>Waste heat boiler</i> • Queimadores recuperativos • <i>Bubbler</i> • Fornos verticais • Fornos <i>End-Fired</i> • Fornos regenerativos |
| Vidro - Fusão - Forno a oxcombustível | <ul style="list-style-type: none"> • Ar sintético • Recuperação de calor do forno a oxcombustível • Estágio de enriquecimento de oxigênio | <ul style="list-style-type: none"> • Queimadores de alta luminosidade (oxcombustível) • Forno a oxcombustível • Forno <i>Tall Crown</i> (oxcombustível) |
| Vidro - Fusão - Forno elétrico | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Top-heating</i> • Substituição por forno a combustível | <ul style="list-style-type: none"> • Otimização do posicionamento dos eletrodos |
| Vidro - Fusão - Uso de cacos e pré-aquecimento | <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de mais cacos ou pó de vidro | <ul style="list-style-type: none"> • Pré-aquecer as matérias-primas e cacos de vidro |
| Vidro - Forehearths e Conformação | <ul style="list-style-type: none"> • Controle de processos • <i>Forehearth</i> a oxcombustível | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Forehearths</i> de alta eficiência • Melhorias na isolamento |
| Vidro - Recozimento e finalização | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias no controle de processos • Melhorias na isolamento • Otimização do <i>layout</i> da planta | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias no sistema de secagem de produto • Reduzir vazamentos de ar • Revestimento de vidro |

Fonte: FAWKES et al., 2016.

2.3.6 Indústria Química

2.3.6.1 Panorama Mundial e Nacional

A indústria química é responsável pela produção de inúmeros compostos e substâncias, utilizados como matérias-primas, reagentes e catalizadores na produção de uma imensa gama de produtos secundários. Entre as principais aplicações destes, pode-se citar:

- (i) Formulação e fabricação de medicamentos;
- (ii) Geração de energia;
- (iii) Obtenção de combustíveis;
- (iv) Produção de alimentos;
- (v) Tratamento de água;
- (vi) Fabricação de veículos de transporte;

- (vii) Construção civil;
- (viii) Fabricação de eletrônicos e eletrodomésticos;
- (ix) Fabricação de peças de vestuário, utensílios domésticos e artigos de higiene pessoal.

A indústria química é o quarto maior setor industrial no Brasil, e figura como um dos setores mais dinâmicos e importantes da economia brasileira. Atualmente existem 937 (novecentas e trinta e sete) fábricas de produtos químicos de uso industrial cadastradas no Guia da Indústria Química brasileira. O Brasil é um grande exportador de produtos químicos, com destaque para os produtos orgânicos, inorgânicos, resinas, elastômeros, farmacêuticos e defensivos agrícolas.

A indústria química brasileira está entre as dez maiores do mundo, ocupando atualmente a sexta posição no ranking mundial deste tipo de indústria, conforme mostrado na Tabela 18.

Tabela 18 - Ranking da indústria química mundial.

| Posição | País |
|----------------|----------------|
| 1 | China |
| 2 | Estados Unidos |
| 3 | Japão |
| 4 | Alemanha |
| 5 | Coréia do Sul |
| 6 | Brasil |
| 7 | Índia |
| 8 | França |
| 9 | Itália |
| 10 | Rússia |
| 11 | Reino Unido |
| 12 | Taiwan |
| 13 | Holanda |
| 14 | Espanha |
| 15 | Suíça |

Fonte: ABIQUIM, 2014.

2.3.6.2 Oportunidade de Eficiência Energética

A Tabela 19 apresenta as oportunidades de EE na indústria química.

Tabela 19 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria química.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|--|--|---|
| Etileno | <ul style="list-style-type: none"> • Bobinas de forno mais seletivas • Melhorias nos Trocadores de calor da linha de referência • Trocadores de calor da linha de referência secundários • Fornos de fenda com maior eficiência • Turbinas de gás pré-acopladas aos fornos de fenda • Elevação da temperatura no fundo dos fracionadores de gasolina | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias na recuperação de calor em processos de resfriamento da água • Redução da queda de pressão nos inter-estágios de compressores • Expansor adicional no desmetanizador • Refervedores adicionais • Aumento da área de superfície dos trocadores de calor • Otimização do balanço de vapor e potência • Melhorias nos compressores |
| Aromáticos | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias na recuperação de produtos | |
| Polímeros | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de vapor de baixa pressão • Substituição de extrusores por bombas de engrenagem | <ul style="list-style-type: none"> • Extrusão de composição online • Reutilização de solventes, óleos e catalisadores |
| Óxido de Etileno / Etilenoglicol | <ul style="list-style-type: none"> • Catalisadores de elevada seletividade • Design ótimo EO/EG-sections • Evaporadores multi-efeitos | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação e venda de produtos • Integração de processos |
| Dicloreto de Etileno / Monômero Cloreto de Vinila | <ul style="list-style-type: none"> • Otimização dos ciclos de reciclagem | <ul style="list-style-type: none"> • Cloração direta do etileno gasoso • Craqueamento catalítico FCC |
| Estireno | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação condensada e integração de processos | |
| Minério de ferro e rejeitos ferrosos Minério de ferro e preparação (Sinterização) | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de calor dos sinterizadores e resfriador de síter • Redução do vazamento de ar • Aumento da profundidade dos leitos de sinterização • Sinterização com otimização de emissões | <ul style="list-style-type: none"> • Utilização dos combustíveis residuais no método de carregamento melhorado da planta de sinterização • Aumento da eficiência dos fornos de ignição |

Fonte: FAWKES et al., 2016.

2.3.7 Indústria do Alumínio

2.3.7.1 Panorama Mundial e Nacional

O alumínio é, depois do silício, o metal mais abundante na crosta terrestre. Devido às suas propriedades físicas, tais como maleabilidade, ductilidade, resistência a corrosão, leveza e condutividade térmica e elétrica, o alumínio é amplamente utilizado como matéria-prima de diversos produtos industriais. Por essa razão, o alumínio primário é uma commodity cotada nas principais bolsas de mercadorias do mundo (WEISS, 1992).

Apesar de ter uma imensa gama de aplicações, a indústria do alumínio é altamente concentrada, de forma que os seis maiores produtores do metal detêm aproximadamente 50% do mercado mundial, São elas: Alcoa, Alcan, Kaiser, Reynolds, Alussuisse e Pechiney (WEISS, 1992). As empresas produtoras atuam internacionalmente na extração de minério, refino da alumina e comercialização do alumínio na forma primária ou semitransformada.

O Brasil possui a terceira maior reserva mineral de bauxita do mundo. Deste minério extrai-se a alumina (hidrato de alumínio), a principal matéria-prima para a produção do alumínio primário. Assim, o país ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais de bauxita, e a sétima posição entre os maiores produtores mundiais de alumina. O país é o sétimo produtor mundial de alumínio primário, atrás da China, Rússia, Canadá, Austrália, Estados Unidos e Índia.

A indústria do alumínio é um dos setores mais competitivos do país, sendo responsável por quase 10% do saldo do balanço comercial brasileiro (WEISS, 1992).

2.3.7.2 Oportunidade de Eficiência Energética

Os custos com energia correspondem a um terço do custo de produção do alumínio primário.

No Brasil, aproximadamente trinta por cento (30%) da energia consumida na produção de alumínio provém de auto-geração. A Tabela 20 apresenta as oportunidades de EE na indústria de cimento e concreto.

Tabela 20 - Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria alumínio.

| Subsetor / Produto | Oportunidades de Eficiência Energética | |
|----------------------|---|---|
| Mineração da bauxita | <ul style="list-style-type: none"> • Projeto e otimização de rotas de transporte • Planejamento logístico da atividade da mina para minimizar as distâncias de transporte • Práticas de manutenção que otimizam a eficiência no uso de combustível dos caminhões de transporte | <ul style="list-style-type: none"> • Otimização das técnicas de extração na perspectiva de redução da exigência de moagem • Aumento do uso de tecnologias solares economicamente eficientes |
| Refino da alumina | <ul style="list-style-type: none"> • Melhoria na eficiência térmica (troca de calor em pastas, calcinação de alumina e evaporação.) • Melhorias nos sistemas de ar comprimido | <ul style="list-style-type: none"> • Melhoria na EE dos sistemas de cogeração |
| Fundição do alumínio | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias nos sistemas de tratamento de vapor das fundidoras • Melhoria nas operações de anodização | <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias nos sistemas de ar comprimido • Melhoria na operação de fundição |
| Semi-fabricação | <ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento dos fornos de extrusão • Melhorias na recuperação de calor dos fornos • Controle automatizado de processos | <ul style="list-style-type: none"> • Acionamento de máquinas com velocidade variável • Aquecimento de lingotes • Melhorias nos sistemas de ar comprimido e iluminação |

Fonte: ISR (2000), adaptado pelo autor (2018).

3 ELEMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa pode ser considerada um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. Significa muito mais do que apenas procurar a verdade: é encontrar respostas para questões propostas, utilizando métodos científicos. (LAKATOS E MARCONI, 1991). A metodologia é a explicação detalhada, rigorosa e exata de toda a ação desenvolvida no método de trabalho de pesquisa. O trabalho de pesquisa, no aspecto dos elementos metodológicos, está disposto na forma de (i) Estrutura básica da pesquisa (II) Estratégia da pesquisa.

3.1 ESTRUTURA BÁSICA DA PESQUISA

A estrutura básica da pesquisa está apresentada conforme a seguinte disposição:

(i) Definição temática; (ii) Questão enunciada do problema; (iii) Diretrizes; (iv) Transposição das diretrizes; (v) Organização da pesquisa; (vi) Abordagem quali-quantitativa; (vii) Fluxo solução problema.

3.1.1 Definição Temática

O estabelecimento do tema da “GE na indústria” repercute interesses de grupos de pesquisa do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), inclusos na área de concentração de gestão de operações sustentáveis.

A questão energética, inserida no contexto da dimensão ambiental do assunto da sustentabilidade, é um tema atual, refletindo preocupações mundiais, afetando toda a sociedade de forma geral.

O tema originalmente proposto da GE na indústria foi delimitado para as indústrias de uso intensivo de energia, também designadas “energo-intensivas”, que se constituem em empresas de grande porte. Estas destacadas empresas caracterizam-se pelo grande consumo de energia e por estarem no centro da transformação dos recursos naturais, tais como minérios, madeira, petróleo em cimento, ferro, aço, papel, produtos derivados do petróleo, gás, etc.

Estas empresas são essenciais ao desenvolvimento de qualquer país e de grande importância para o Brasil, em sua condição de país em desenvolvimento e com grande disponibilidade de recursos naturais.

Assim sendo, o tema da pesquisa está estabelecido na forma de GE na IEI.

3.1.2 Questão Enunciada do Problema

Com a definição do tema da pesquisa, empreende-se a formulação do problema de pesquisa.

Inicialmente, discorre-se na literatura científica sobre dificuldades para efetivar projetos e investimentos na EE, tanto técnica como economicamente viáveis, ficando conhecidas como “*Energy Efficiency Gap*” (JAFFE E STAVINS, 1994; DECANIO, 1997; GROOT, 2001).

Também se descrevem os problemas para uma eficiente GE na indústria, rotulados na forma de barreiras, que podem ser de origem: (1) externa, tais como mercado, governo/política, fornecedores, tecnologia/serviços, projetistas, fabricantes, fornecedores de energia e financiadores; (2) intra-organizacional, na perspectiva econômica, comportamental e organizacional (WEBER, 1997; SORRELL, et al, 2000; CAGNO, 2013; AFLAKI, et al, 2013).

As dificuldades e problemas anteriormente citados para uma bem sucedida GE disponibilizam elementos para a formulação do problema de pesquisa. Todavia, em virtude da amplitude e implicações de todas as barreiras relatadas, é prudente uma delimitação para somente considerar, para o problema de pesquisa, as barreiras organizacionais.

Com o estabelecimento do problema de pesquisa para a GE na IEI na forma de barreiras organizacionais, vislumbra-se o interesse da pesquisa pelas abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade, assuntos também atinentes a grupos de pesquisa da PUC-PR.

Assim sendo, é possível estabelecer o problema de pesquisa na forma de:

“Quais são as barreiras organizacionais para tornar efetivo e bem sucedido um SGE nas indústrias de uso intensivo de energia?”

3.1.3 Diretrizes

Com a definição do tema e a formulação do problema da pesquisa pode-se estabelecer as diretrizes:

- (I) Um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas contribuem para criar, organizar e conduzir um SGE na indústria de uso intensivo de energia.
- (II) A concepção de processo para um SGE na indústria, adotando a disciplina gerencial BPM, contribui para a GE na indústria de uso intensivo de energia.
- (III) A aplicação de diretrizes da engenharia organizacional e de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para avaliar o potencial organizacional de uma empresa contribui para a melhoria do SGE na IEI.
- (IV) A aplicação de um modelo para AIO baseado em análise multicritério contribui para a melhoria da GE na IEI.

As diretrizes são estabelecidas em uma condição de “quase hipótese” em que é necessária a elaboração do que pode ser dito por modelos teóricos que irão ser comprovados em estudo de campo.

3.1.4 Transposição das Diretrizes

Tendo como premissa o estabelecimento das diretrizes, é necessária a transposição das diretrizes para um nível operacional tal que, com a proposição de modelos teóricos possam, em uma etapa posterior de campo, ser validadas.

Para a transposição das diretrizes, são propostos os procedimentos metodológicos, modelos teóricos e abordagens descritos abaixo:

Conjunto de ações técnicas e gerenciais;

- Propor um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas, fundamentadas em normas nacionais, internacionais (ISO 50001, ANSI/MSE 2000) e boas práticas citadas na literatura científica para apoiar a criação, organização e condução de um sistema de GE na IEI.
- Realizar um estudo *Delphi* para referendar o conjunto de ações técnicas e gerenciais propostas.

Engenharia organizacional - Concepção de processo (SGE), *Framework*, Mapa conceitual, Modelo da RE (BPMN) e Procedimento de avaliação organizacional para o SGE.

- Concepção de processo para um SGE na IEI. O desenho do processo está fundamentado na norma ISO 50001, boas práticas citadas na literatura científica e atendendo à disciplina gerencial do gerenciamento de processo de negócio (BPM).
- Elaboração de um framework conceitual;
- Elaboração de um mapa conceitual;
- Modelagem Estrutural - Modelagem do processo chave da “RE”, através da notação (BPMN);
- Criação de um procedimento de avaliação organizacional para GE, aplicando as diretrizes da engenharia organizacional e um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas, para avaliar uma concepção de processo de um SGE em IEI através de um estudo de caso.

Interoperabilidade - Construção de modelo:

- Modelo de AIO para um SGE na IEI. A formulação do modelo permite a AIO entre áreas intra-organizacionais para um SGE nas IEI.

3.1.5 Organização da Pesquisa

A Figura 27 apresenta esquematicamente as etapas de um processo de pesquisa tradicional segundo BRYMAN (1989).

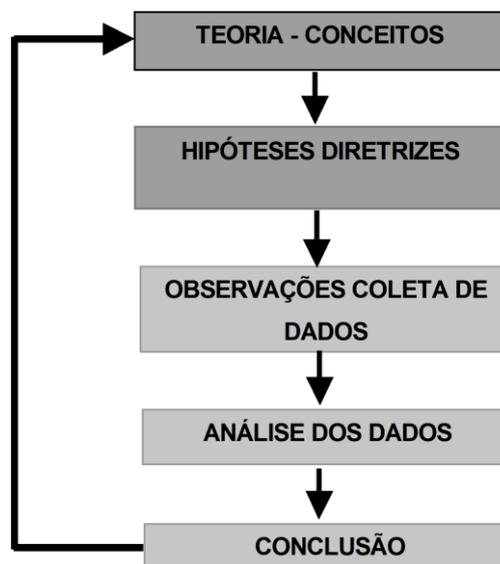


Figura 27 - Etapas de um Processo de Pesquisa.
Fonte: BRYMAN, 1989.

Na disposição acima mostrada, as etapas iniciais de teoria-conceitos e hipóteses-diretrizes correspondem ao projeto de pesquisa. Nesta etapa, as definições relacionadas ao tema da pesquisa e à articulação do problema quanto ao estabelecimento de hipóteses e diretrizes caracterizam-se como o principal objetivo.

As etapas de observação, coleta, análise e conclusão correspondem à pesquisa propriamente dita que irá articular, nos níveis teórico e prático, as hipóteses e diretrizes propostas. Estas fases correspondem ao trabalho experimental ou de campo, caracterizando o teste das hipóteses e diretrizes. No presente trabalho de pesquisa são empregadas diretrizes que atuam em uma função de “quase hipótese”.

3.1.5.1 Desdobramento das etapas da pesquisa

O diagrama abaixo, Figura 28, mostra as etapas da pesquisa, destacando as atividades e os objetivos a serem alcançados na fase designada de projeto da pesquisa, e também as atividades e objetivos da pesquisa “propriamente dita”.

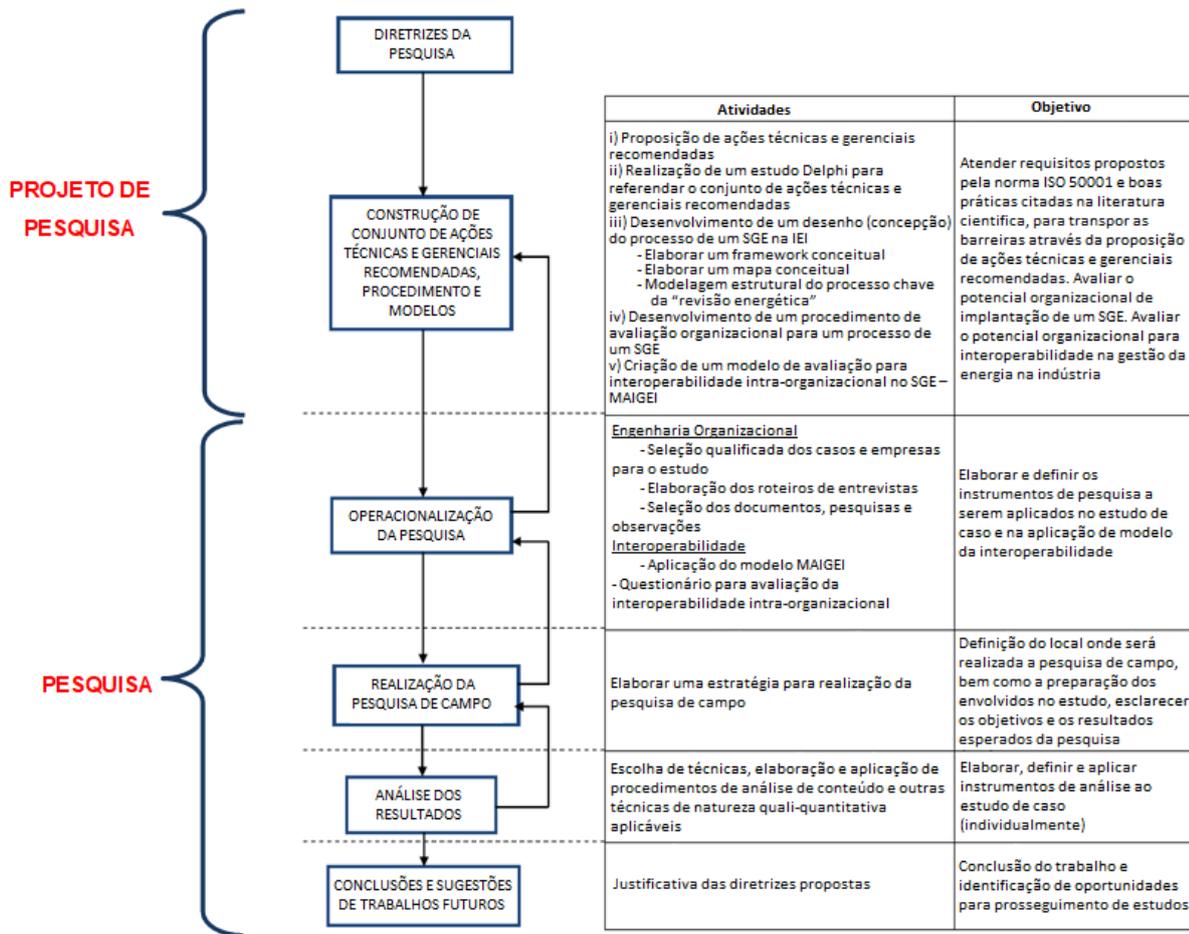


Figura 28 - Etapas da Pesquisa.
 Fonte: LIMA (2001), adaptado pelo autor (2018).

3.1.5.2 Protocolo da pesquisa

Um protocolo deve conter procedimentos e regras gerais da pesquisa para sua condução, indicação da origem das fontes de informação (tipo de fontes, indivíduos, locais, etc.) (MIGUEL, 2007). O protocolo de pesquisa melhora a confiabilidade e validade na condução de um estudo de caso. A função do protocolo de pesquisa é a de sistematizar os procedimentos a serem desenvolvidos em campo, contribuindo, desta forma, à replicabilidade do estudo. Uma composição de protocolo de pesquisa, pode ser estruturada conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Composição do Protocolo de Pesquisa

| Item | Descrição |
|---|---|
| Introdução / Teoria | Apresentação da temática abordada, do problema a ser tratado, da diretriz central que conduz os estudos teóricos e práticos e a teoria que fundamenta e apoia o trabalho de tese. |
| Atividades | São descritos os desdobramentos propostos para as diretrizes. Também são apresentadas a estrutura da pesquisa de campo e as abordagens metodológicas a serem adotadas, bem como o papel do modelo teórico desenvolvido. Um cronograma de atividades é organizado. São tratados alguns aspectos das fontes de evidência e também da validade científica do trabalho. |
| Questões orientadoras | São apresentadas as questões e a sua estrutura de encadeamento lógico e estrutural. |
| Estruturas de análise e recuperação dos dados | Organiza-se a análise, temas e estrutura dos enunciados. (diretrizes) |
| Síntese e apresentação dos resultados | Recomenda-se a apresentação dos resultados em articulação com o modelo teórico desenvolvido e as metodologias e abordagens utilizadas. |
| Considerações finais | São desenvolvidas na ótica de validação do trabalho. |
| Referências | Referências bibliográficas que suportam o protocolo de pesquisa. |

Fonte: LIMA (2001), adaptado pelo autor (2018).

O protocolo de pesquisa será estruturado em dois encaminhamentos:

(i) Abordagem da engenharia organizacional formatada em estudo de caso, utilizando folhas tarefas 'Abordagem de Processos' de Cambridge do inglês "Cambridge *Process Approach*" (PLATTS,1993) e pesquisa-ação (THIOLLENT, 2002). A aplicação da concepção de processo para o SGE, conjuntamente com as ações técnicas e gerenciais recomendadas e das diretrizes da engenharia organizacional constituem-se em um procedimento metodológico de avaliação do potencial organizacional para o SGE de uma indústria de uso intensivo de energia;

(ii) Abordagem da interoperabilidade formatada na aplicação do modelo MAIGEI - Modelo de Avaliação da Interoperabilidade na GE na Indústria que se realiza com a utilização dos *softwares Superdecision*, Excel e recursos disponibilizados pela indústria submetida ao trabalho de campo. Também são empregados documentos de avaliação, questionários e entrevistas. A aplicação do modelo MAIGEI em uma empresa permite a AIO em áreas intra-organizacionais.

3.1.5.2.1 A abordagem da engenharia organizacional

Na abordagem da engenharia organizacional para avaliar o potencial organizacional de uma empresa para realizar uma concepção de processo para um

SGE, descreve-se a seguir dois aspectos principais: (i) descrição de procedimentos; e (ii) características aplicáveis da abordagem por processo Cambridge.

3.1.5.2.1.1 Descrição de procedimentos

A descrição dos procedimentos relatando as etapas e fases envolvidas será desenvolvida a seguir:

- Na primeira etapa, realiza-se a adequação das diretrizes da engenharia organizacional propostas por DESCHAMPS (2013) e a adaptação das ações técnicas e gerenciais recomendadas desenvolvidas neste trabalho e dispostas no capítulo 5 a fim de comporem um procedimento metodológico de diagnóstico de uma concepção de processo para o SGE em uma indústria IEI.
- Na segunda etapa, são realizadas a seleção das fontes de dados para os requisitos de informação e a criação das folhas tarefas, estando estabelecida a utilização dos recursos de fontes de evidências: (i) análise de documentos; (ii) entrevista; (iii) *survey* (pergunta de pesquisa); (iv) observação.
- Terceira etapa, coleta de dados: nesta etapa o procedimento de coleta de dados foi estruturado em quatro fases principais: (i) fase #0: o escopo de intervenção é definido, o apoio da administração é obtido e é comunicado o projeto a todas as pessoas envolvidas; (ii) fase #1: as entrevistas preliminares com representante da alta direção, um representante com a função de gestor energético, um representante da engenharia e um da manutenção são conduzidas através de documentos com objetivo de descobrir informações sobre o processo; (iii) fase #2: é observada a pré-disposição da organização para implementação de uma concepção de processo para o SGE, pesquisas (*surveys*) são conduzidas para aprofundar a compreensão do processo; (iv) fase #3: as entrevistas finais com os representantes das quatro áreas são conduzidas ao longo da análise de documentos com objetivo de obter detalhes sobre o processo.
- Na quarta etapa é conduzida a avaliação da qualidade das evidências selecionadas. Nesta análise verifica-se também a eventual necessidade de novas evidências.

- A quinta etapa é a avaliação de alinhamento, verificando se o alinhamento está coerente e se uma nova avaliação é necessária.
- A sexta é a etapa da análise final dos resultados.

Uma descrição mais detalhada com um fluxograma apresentando a definição do procedimento e da coleta de dados é apresentada no item 5.2.5.1.

3.1.5.2.1.2 Características aplicáveis da abordagem por processo Cambridge

As particularidades envolvidas nas atividades do diagnóstico de avaliação do potencial organizacional para o SGE e as características da abordagem por processo Cambridge são apresentadas no Quadro 3 como um resumo dos principais enfoques a serem atendidos.

Quadro 3 - Características Aplicáveis à Abordagem por Processos Cambridge.

| Procedimento* | Participação** | Gestão do Projeto*** | Ponto de Entrada**** |
|--|--|--|--|
| Bem definido Estágios de: <ul style="list-style-type: none"> • busca de informações • análise de informações • Identificação de oportunidades para mudanças / melhorias Ferramentas e técnicas simples e facilmente entendidas Relatório escrito dos resultados de cada etapa | Atividades individuais e em grupo Almeja-se obter: <ul style="list-style-type: none"> (i) entusiasmo; (ii) compreensão; (iii) comprometimento Intervenções do tipo workshop para: <ul style="list-style-type: none"> • concordância de objetivos • identificação de problemas • desenvolvimento de melhorias Reunião de tomada de decisão para direcionar ações | Prover de recursos adequados Identificar: <ul style="list-style-type: none"> • grupo coordenador: representantes da alta direção (diretoria selecionada) e gestor energético • grupo operações: representantes de outras áreas Cronograma de consenso | Definir claramente as expectativas Obter compreensão e concordância do grupo coordenador (representante da diretoria + gestor energético) Estabelecer comprometimento dos grupos, coordenadores e dos demais participantes |

Fonte: PLATTS (1994), adaptado pelo autor (2018).

* Procedimento: deve existir um processo bem definido para análise de informações, coleta de dados e identificação de oportunidades de melhoria, bem como documentação clara de todas essas tarefas. (arranjo dos passos lógicos do processo)

** Participação: as pessoas necessárias em todas as etapas do procedimento devem ser envolvidas e convidadas a participar. (garantia do envolvimento dos participantes-chave - representantes da Alta Direção e Gestor Energético)

*** Gerenciamento de projetos: deve haver uma clara divisão de responsabilidades entre as pessoas que participam da intervenção e o uso de recursos adequados. (garantia de que o processo terá disponibilidade dos recursos necessários)

**** Ponto de entrada: as expectativas da intervenção devem ser claramente definidas e deve haver comprometimento dos gestores para que a intervenção seja bem sucedida. (forma de apresentação do processo e da obtenção do comprometimento de todos com apresentação inicial junto com representante da diretoria e o indicado para gestor energético)

3.1.5.2.2 Abordagem da Interoperabilidade

Com o objetivo de estudar a interoperabilidade intra-organizacional em uma empresa que dispõem de SGE implantados, empresa que possui certificação ISO 50001, foi proposto um modelo designado MAIGEI - Modelo de Avaliação da Interoperabilidade da GE na Indústria. O interesse é avaliar o desempenho organizacional de um SGE utilizando ferramentas de decisão multicritério (método AHP) através de um diagnóstico de IO.

Após a criação de um questionário preliminar, o mesmo será submetido a um teste piloto para as correções e melhorias necessárias. Posteriormente será realizada uma entrevista e solicitado o preenchimento do questionário pelos participantes da empresa analisada. O diagnóstico irá fornecer uma medida da compatibilidade entre os órgãos internos da empresa. A participação da empresa no preenchimento do questionário irá auxiliar na identificação de eventuais necessidades de ajustes e melhorias no SGE já implantado. Para tanto, sugere-se inicialmente um diagnóstico da interoperabilidade entre os órgãos intra-organizacionais da engenharia e da manutenção, que poderá ser alterado em função das particularidades da empresa a ser diagnosticada.

3.1.5.2.3 Cronograma do protocolo de pesquisa

O Quadro 4 apresenta o cronograma de atividades da avaliação do potencial organizacional e de interoperabilidade intra-organizacional (SGE).

Quadro 4 - Cronograma de Atividades da Avaliação do Potencial Organizacional e de Interoperabilidade Intra-Organizacional (SGE).

| Atividade/Semana | | 1/8 | 2/8 | 3/8 | 4/8 | 1/9 | 2/9 | 3/9 | 4/9 | 1/10 |
|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Operacionalização da Pesquisa | Engenharia Organizacional | X | X | X | X | | | | | |
| | Interoperabilidade Intra-Organizacional | X | X | X | X | | | | | |
| Aplicação da Pesquisa | Engenharia Organizacional | | | X | X | X | X | X | | |
| | Interoperabilidade Intra-Organizacional | | | X | X | X | X | X | | |
| Análise dos Resultados | Engenharia Organizacional | | | | X | X | X | X | | |
| | Interoperabilidade Intra-Organizacional | | | | X | X | X | X | | |
| Síntese dos Resultados | Engenharia Organizacional | | | | | | | | X | X |
| | Interoperabilidade Intra-Organizacional | | | | | | | | X | X |

Fonte: O autor, 2018.

OBS: Engenharia organizacional refere-se à avaliação do potencial organizacional para o SGE e Interoperabilidade Intra-Organizacional refere-se a avaliação de interoperabilidade intra-organizacional no SGE.

3.1.6 Abordagem Quali-Quantitativa

A pesquisa é conduzida utilizando uma combinação de abordagens qualitativa e quantitativa. Segundo ENSSLIN (2008) a utilização de abordagens quali-quantitativas é indicada para pesquisas em que o problema a ser estudado é representado por questões pouco estruturadas e também problemas envolvendo atores, contextos e processos.

A combinação das abordagens qualitativa e quantitativa segue os seguintes critérios: (i) o “*timing*” de cada uma das abordagens configura-se como aplicação concorrente; (ii) adota pesos diferentes com ênfase qualitativa; (iii) as abordagens são combinadas com a incorporação de dados quantitativos na abordagem qualitativa (CRESWELL E CLARK, 2006).

3.1.7 Fluxo Solução Problema

Uma análise do problema de pesquisa “barreiras organizacionais” e a solução proposta pela aplicação das abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade, pode ser melhor interpretada pelo modelo descrito por MARTINS (2010) e designado “Fluxo solução problema”. Neste modelo, estão contemplados os

métodos empregados, a solução proposta, a aplicação pretendida, e o conhecimento adquirido, conforme a Figura 29.

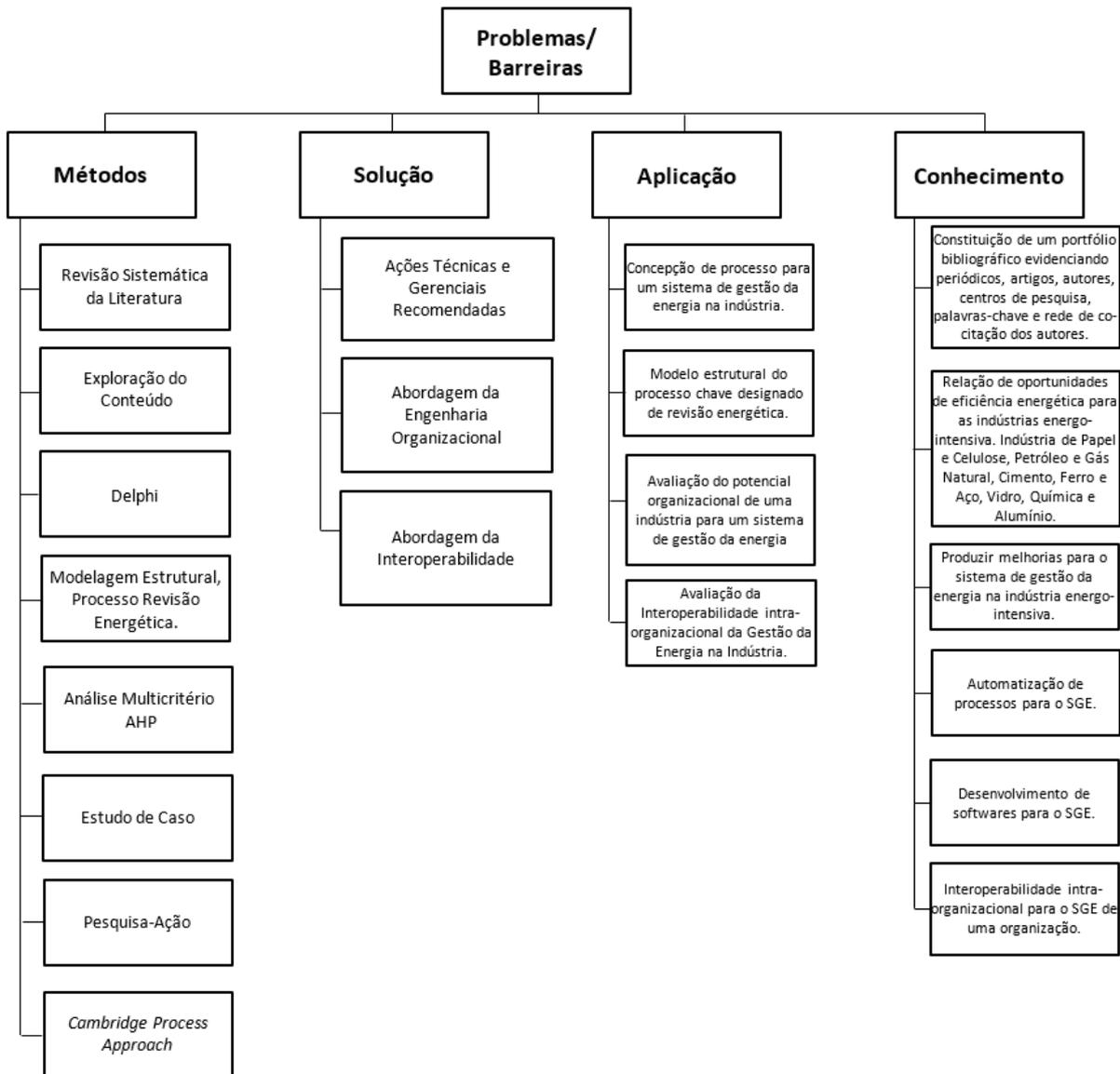


Figura 29 - Fluxo Solução Problema.
Fonte: MACHADO (2015), adaptado pelo autor (2018).

3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia da pesquisa está apresentada conforme a seguinte disposição:

- (i) Diagrama de fases; (ii) Estratégia da Pesquisa na Representação IDEF0; (iii) Métodos utilizados na pesquisa; (iv) Planejamento e cronograma de atividades; (v) Proposição de artigos para publicação.

3.2.1 Diagrama de fases

O atendimento aos objetivos propostos implica em estabelecer uma estratégia de pesquisa que abrange cinco fases, conforme disposto na Figura 30.

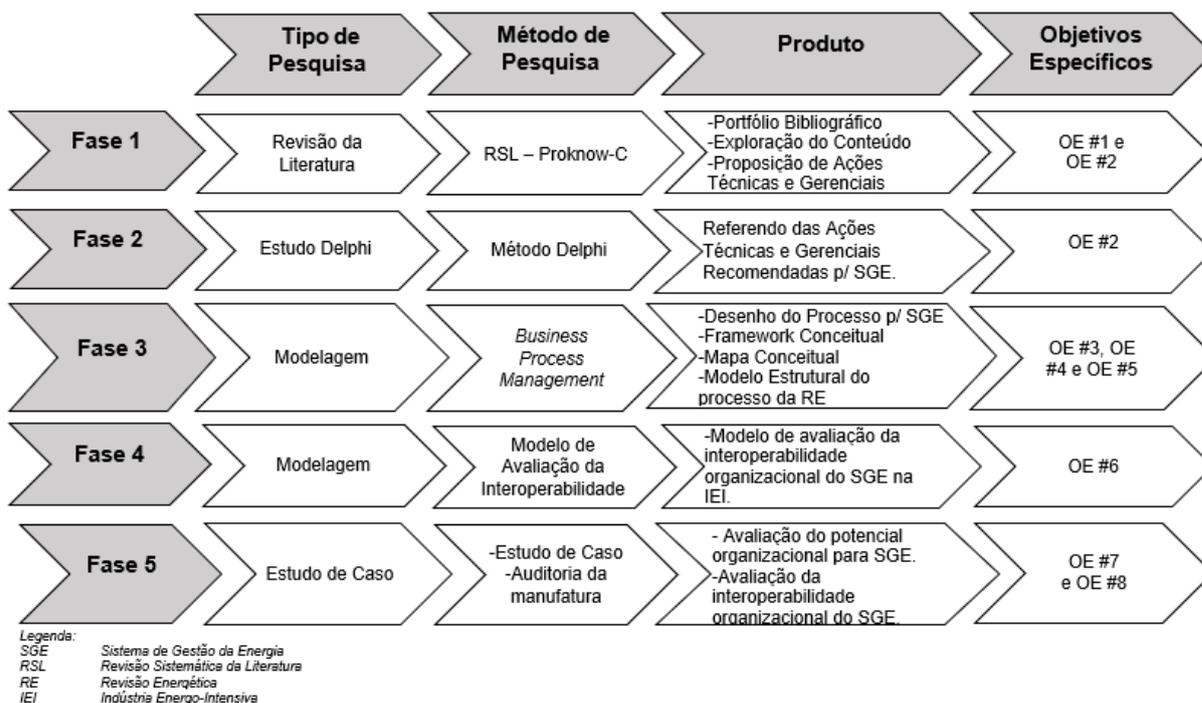


Figura 30 - Diagrama de Fases.

Fonte: O autor, 2018.

A fase 1 apresenta uma revisão sistemática da literatura, adotando como método de pesquisa o Proknow-C e tendo como objetivo selecionar um portfólio de artigos alinhados com o tema da pesquisa. A análise do portfólio identifica artigos, atores, periódicos, palavras chave, centros de pesquisa, lacunas na pesquisa e dificuldade para uma bem sucedida GE expressa na forma de barreiras. Também decorrente de uma exploração de conteúdo e objetivando resposta às questões de pesquisa, são verificadas as condições de viabilidade e oportunidade da proposição de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para a GE. A fase 2 contém a revisão das ações técnicas e gerenciais recomendadas obtidas na fase 1, utilizando o estudo Delphi como método de consenso. A fase 3 apresenta: (i) desenho (concepção) do processo para um SGE, através da metodologia baseada no ciclo BPM; (ii) desenvolvimento de um framework para suporte ao entendimento; (iii) elaboração de um mapa conceitual; (iv) desenvolvimento de modelo estrutural do processo chave da RE, na notação BPMN. Na fase 4 apresenta-se a criação de um

modelo de avaliação da interoperabilidade intra-organizacional. A fase 5 contempla um estudo de caso, empreendido em IEI, tendo como produto um procedimento para avaliação do potencial organizacional para um SGE. Também se aplica o modelo de avaliação de interoperabilidade desenvolvido na fase 4 em indústria de uso intensivo de energia para a obtenção de uma avaliação da interoperabilidade intra-organizacional para um SGE.

3.2.2 Estratégia da Pesquisa na Representação IDEF0

O *IDEF (Integration Definition for Function Modeling)* é um grupo de métodos utilizados para a modelagem por meio de diagramas, os quais são fundamentados na Técnica de Análise e Projetos Estruturados (*SADT - Structured Analysis and Design Technique*). O método foi desenvolvido para modelar uma grande variedade de sistemas, que usam hardware, software e pessoas para realizar atividades (KUSIAK et al., 1994).

O IDEF0, que é o primeiro conjunto de padrões do IDEF, processa uma coleção de atividades e outras ações utilizando-se de ICOMs (*Input Control Output Mechanism*). O IDEF0 é um método de modelagem de decisões, ações e atividades de uma organização ou sistema de fabricação sob uma forma gráfica estruturada (KIM, et al., 2002). O diagrama do modelo IDEF0 representa funções (processos, operações, atividades) e as setas horizontais indicam "Entradas" (entrando nas caixas) e "Saídas" (deixando as caixas). Neste caso, representando a evolução da informação (produtos da pesquisa) através do processo. Os "Controles" (setas entrando por cima) representam os aspectos que constroem ou governam a função (por exemplo, métodos e ferramentas) e "Mecanismos" (setas entrando por baixo) representam os recursos que executam a função (por exemplo, pessoas, software, banco de dados, estrutura da empresa).

Utilizando-se do diagrama IDEF0, tem-se a representação da estratégia e das fases da pesquisa, conforme a Figura 31. O diagrama está dividido em atividades de A0 até A7, as quais serão detalhadas abaixo.

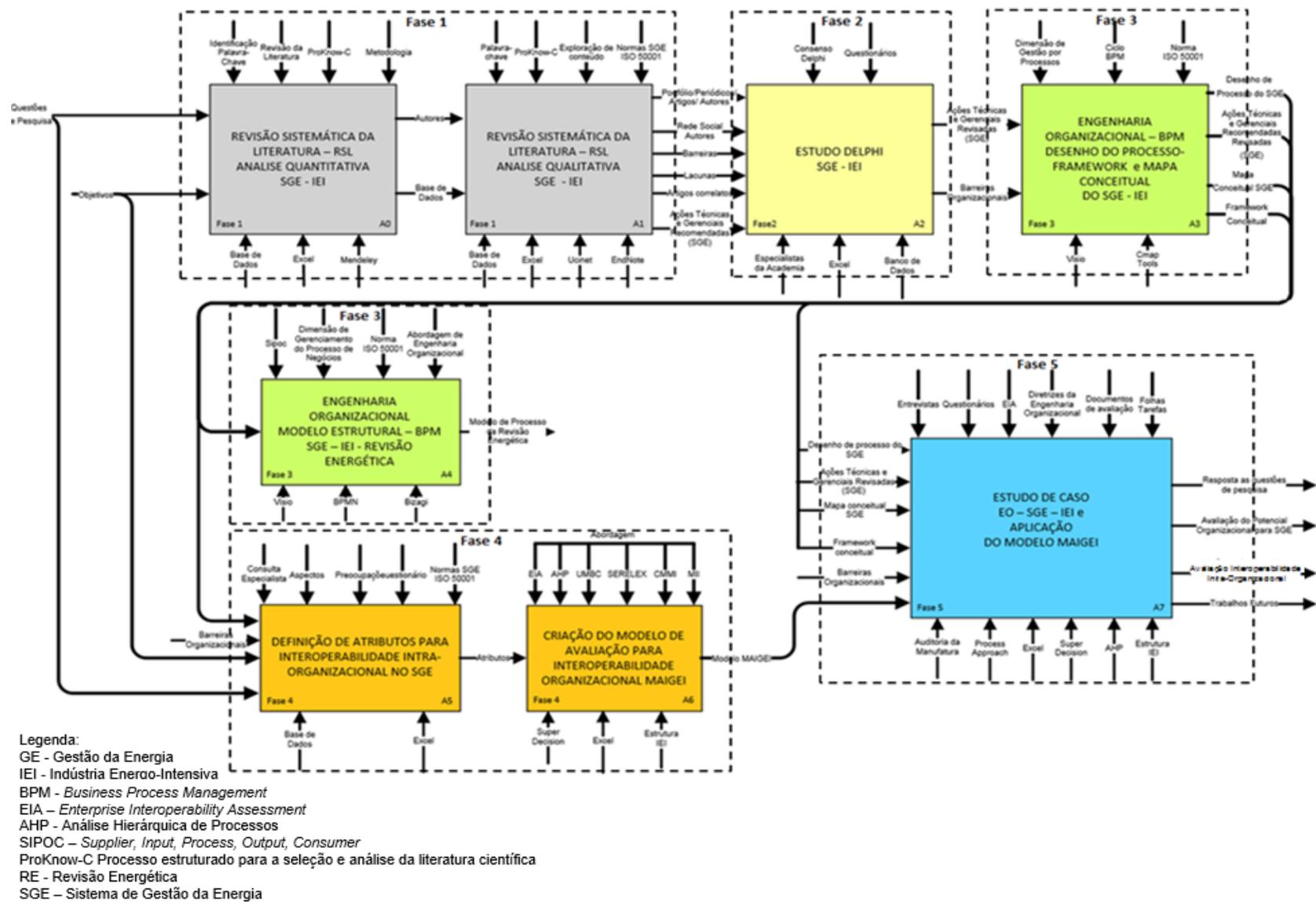


Figura 31 - Estratégia da Pesquisa na Representação IDEF0.
 Fonte: O autor, 2018.

3.2.2.1 Fase 1 - Atividades A0 e A1

A primeira fase, representada nas Figuras 32 e 33, mostra as atividades A0 e A1, relacionadas à revisão da literatura.

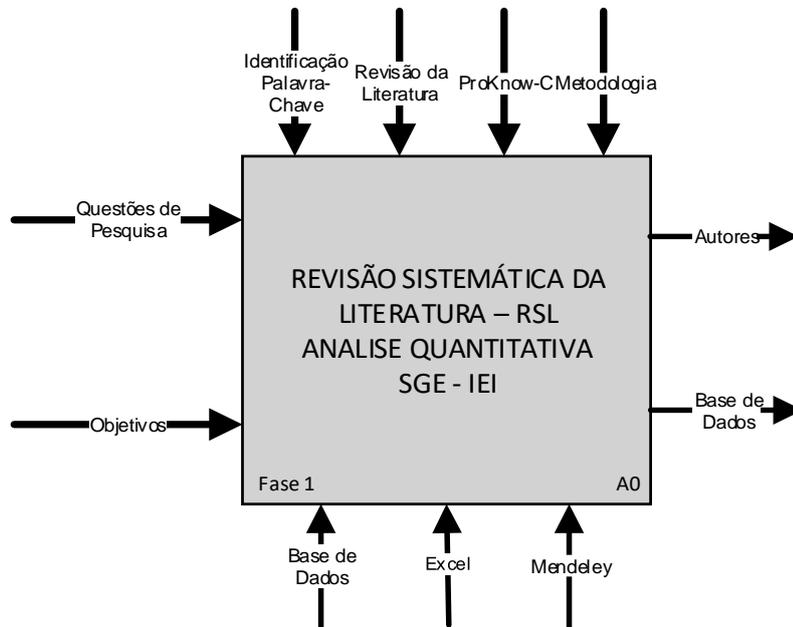


Figura 32 - Atividade A0 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

A atividade A0 consiste de uma revisão sistemática da literatura (RSL) em sua análise quantitativa, tendo em seus elementos de entrada as questões de pesquisa e os objetivos específicos. Utiliza-se o método *proknow-c* para selecionar, do domínio de conhecimento da “GE na IEI”, artigos representativos da literatura científica mundial sobre o tema da pesquisa. São utilizados os recursos da base de dados e os *softwares Excel e Mendeley*. Nesta atividade, como produto de saída, foi selecionado um banco bruto de 14072 artigos com seus respectivos autores, constituindo-se de uma base de dados.

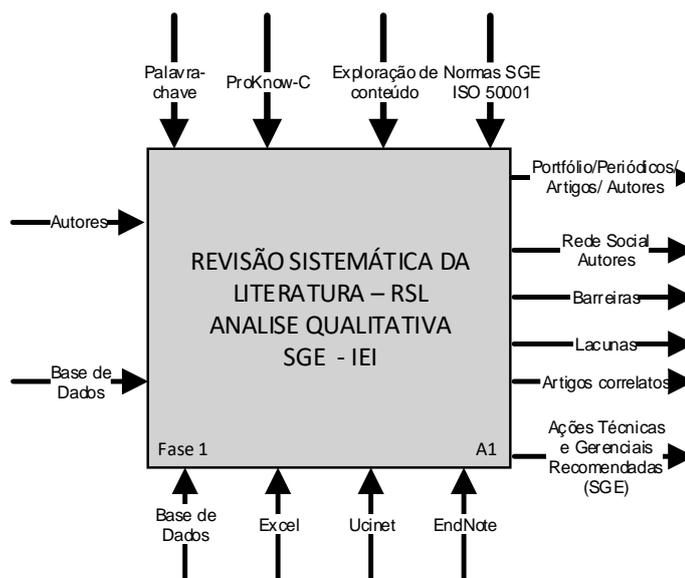


Figura 33 - Atividade A1 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

A atividade A1, no âmbito da RSL, também aplicando o método *proknow-c*, apresenta uma análise qualitativa sobre o banco bruto de artigos obtido da atividade A0, utilizando os softwares Endnote (gerenciamento de referências e do banco de artigos), Excel (tabelas e estatísticas) e Ucinet (rede social de autores). Os produtos de saída da atividade A1 constituem-se de um portfólio de periódicos, artigos e autores, sintetizados na forma de 42 artigos. Realiza-se uma exploração do conteúdo do portfólio bibliográfico identificando práticas da GE, publicação de normas do SGE nacionais e internacionais, barreiras para realizar o SGE, lacunas na pesquisa, oportunidade de utilização das abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade, etc. Também é proposto um conjunto de ações técnicas e gerenciais para criar, organizar e conduzir um SGE e uma composição de artigos denominados artigos correlatos.

3.2.2.2 Fase 2 - Atividade A2.

A segunda fase apresenta a atividade A2 que consiste de um estudo Delphi com o objetivo de revisar e obter consenso sobre um conjunto de ações técnicas e gerenciais proposto para criar, organizar e conduzir o SGE estabelecido na atividade A1, como mostra a Figura 34. Participam do estudo Delphi especialistas da academia no tema da pesquisa, aplicando-se critério de *Inter Rater Reliability (IRR)* para julgamento do posicionamento dos especialistas.

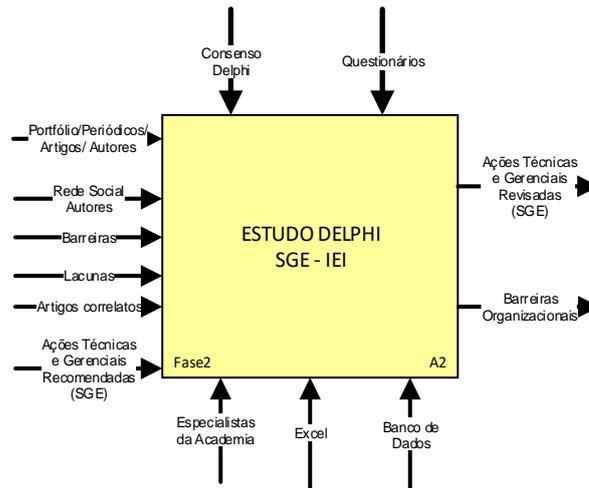


Figura 34 - Atividade A2 do IDEF0.
 Fonte: O autor, 2018.

3.2.2.3 Fase 3 - Atividades A3 e A4

A fase 3 é composta pelas atividades A3 e A4, como mostram as Figuras 35 e 36 abaixo:

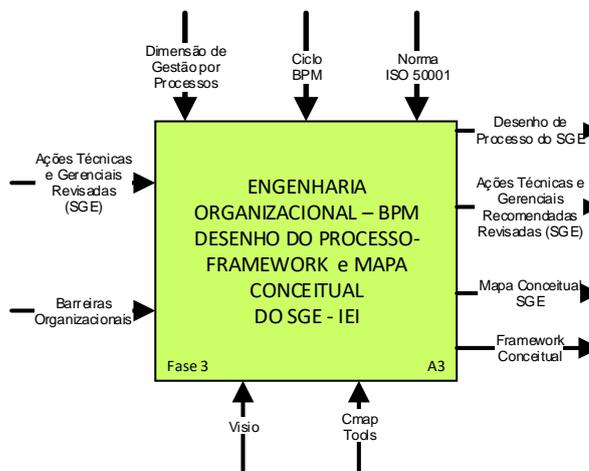


Figura 35 - Atividade A3 do IDEF0.
 Fonte: O autor, 2018.

Na atividade A3, tendo como abordagem principal a engenharia organizacional, verificam-se, nas entradas, as ações técnicas e gerenciais recomendadas e as barreiras organizacionais. Tendo a disponibilidade da base de dados (trabalhos correlatos) e o *software Cmap Tools* além dos mecanismos de controle ISO 50001, e da disciplina gerencial BPM obtém-se na saída desta atividade

a proposição de uma concepção (desenho) de processo para o SGE, um framework e um mapa conceitual para apoiar o entendimento do assunto em estudo.

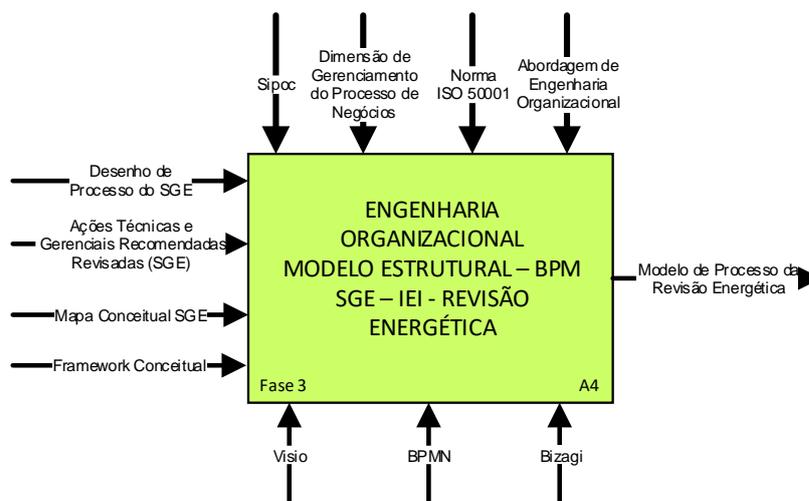


Figura 36 - Atividade A4 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

Na atividade A4, ainda na abordagem da engenharia organizacional, empregando-se os softwares *Visio* e *Bizagi*, a notação BPMN, e adotando a disciplina gerencial BPM, diagrama SIPOC e a norma ISO 50001, realiza-se a modelagem do processo “chave” do SGE, designado de “RE”, que é o produto final desta atividade A4.

3.2.2.4 Fase 4 - Atividades A5 e A6

A quarta fase mostra as atividades A5 e A6 relacionadas com a abordagem de interoperabilidade aplicado ao SGE como mostram as Figuras 37 e 38.



Figura 37 - Atividade A5 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

A atividade A5 apresenta nas entradas as questões de pesquisa, objetivos específicos, barreiras organizacionais, desenho de processo do SGE, ações técnicas e gerenciais recomendadas revisadas, mapa conceitual do SGE e framework conceitual. Aplicam-se mecanismos/recursos, tais como a base de dados e o *software* Excel, sob a orientação dos “aspectos” e “preocupações”, normas de GE e frameworks da interoperabilidade. O produto final desta atividade é o estabelecimento dos atributos para a interoperabilidade em um SGE.

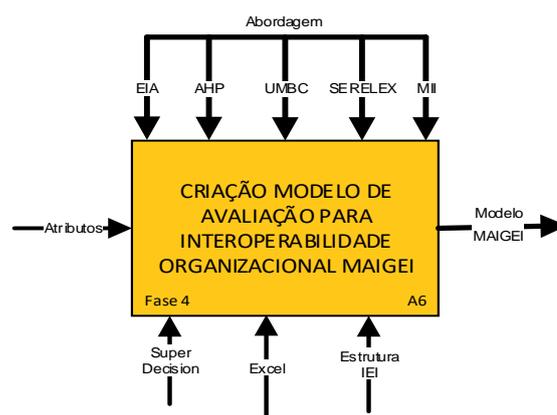


Figura 38 - Atividade A6 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

A atividade A6 apresenta a criação de um modelo para avaliação da interoperabilidade em um SGE, utilizando o método de análise hierárquica de

processo (AHP). As entradas da atividade A6 são os atributos estabelecidos na atividade A5.

São empregados os recursos dos *softwares* Excel e *Super Decisions* para modelagem AHP e como abordagem, os conceitos de AIO, matriz de influência da interoperabilidade.

O produto de saída da atividade A6 é o Modelo de Avaliação para a GE na Indústria - MAIGEI.

3.2.2.5 Fase 5 - Atividade A7.

A quinta fase mostra a atividade A7 que corresponde à atividade de campo conforme a Figura 39, estando estruturada em dois encaminhamentos:

(i) Abordagem da engenharia organizacional formatada em um estudo de caso, utilizando folhas tarefas “Cambridge *Process Approach*”, auditoria da manufatura, pesquisa-ação e protocolo de pesquisa. A aplicação da concepção de processo para o SGE, conjuntamente com as ações técnicas e gerenciais recomendadas e das diretrizes da engenharia organizacional constituem-se em um procedimento metodológico de avaliação do potencial organizacional para o SGE. O estudo de caso é realizado em uma empresa sem certificação ou autodeclaração de um SGE amparado na norma ISO 50001.

(ii) Abordagem da interoperabilidade formatada na aplicação do modelo MAIGEI - Modelo de Avaliação da Interoperabilidade na GE na Indústria que se realiza atendendo ao protocolo de pesquisa e com a utilização dos *softwares* *Superdecision*, Excel e recursos disponibilizados pela indústria submetida ao trabalho de campo. A aplicação do modelo MAIGEI em uma empresa permite a AIO em áreas intra-organizacionais. O estudo de campo é realizado em uma empresa com certificação ISO 50001 e procura realizar um diagnóstico de interoperabilidade para o SGE.

Complementando as atividades de campo, analisam-se os resultados do trabalho, emitindo conclusões quanto às respostas às questões de pesquisa formuladas no início do trabalho, às limitações da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

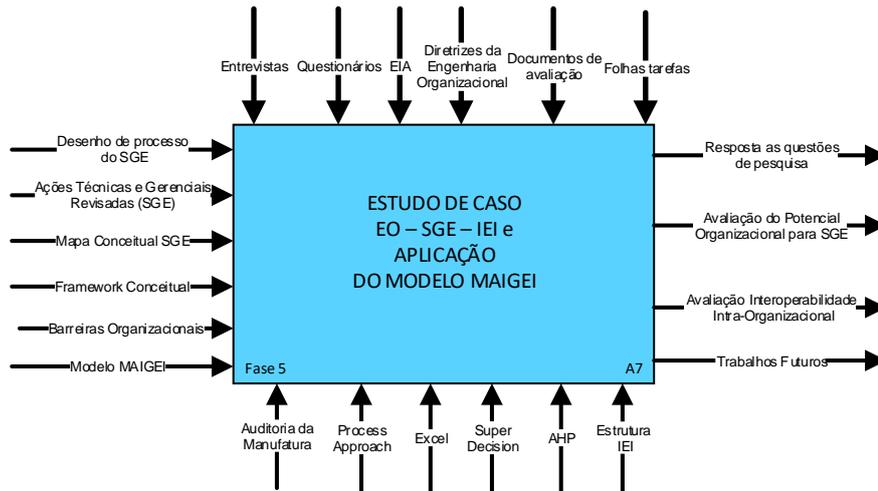


Figura 39 - Atividade A7 do IDEF0.
Fonte: O autor, 2018.

OBS: O estudo de campo relacionado a EO é realizado em um estudo de caso em uma empresa de papel e celulose. A abordagem da interoperabilidade organizacional é aplicada em uma empresa do ramo petroquímico. Ambas as empresas estão sediadas na região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná.

3.2.3 Métodos utilizados na pesquisa

3.2.3.1 Método Delphi

A técnica ou método Delphi constitui-se de consulta a um grupo de especialistas para opinarem sobre um problema complexo, de tal forma que se possa obter conhecimento e chegar a um consenso. O termo Delphi originou-se no antigo oráculo de Delfos (Grécia) e apresenta-se como uma metodologia para análise de dados qualitativos.

A técnica Delphi possui como característica ser um método para estruturar o processo de comunicação em grupo, permitindo que o processo seja eficaz, de forma que um grupo de indivíduos, como um todo, possa lidar com um problema complexo (LINSTONE E TUROFF, 2002).

De forma geral o estudo Delphi ocorre em várias rodadas de comunicação sem interação face-a-face e com grau de anonimato. É um método usado especialmente em pesquisa para a coleta de dados de opinião de especialistas sobre os desafios de médio e longo prazos, questões e/ou problemas (MAKITALO E HILMOLA, 2012).

Para a adequação do Método Delphi para uma determinada situação são necessárias as seguintes características: (LINSTONE E TUROFF, 2002).

- O problema não se presta a técnicas analíticas precisas, mas pode se beneficiar de julgamentos subjetivos numa base coletiva.
- Os indivíduos necessários para contribuir para a análise de um amplo ou complexo problema não têm história de uma comunicação adequada e podem representar diversas origens em relação às experiências ou conhecimentos.
- Mais indivíduos são necessários para que possam efetivamente interagir em um face-a-face.
- Tempo e custo frequentemente tornam as reuniões de grupo inviáveis.
- A eficiência de encontros face-a-face pode ser aumentada por um processo suplementar de comunicação em grupo.
- Divergências entre os indivíduos são tão graves ou politicamente intragáveis que o processo de comunicação deve ser arbitrado e/ou ter o anonimato garantido.
- A heterogeneidade dos participantes deve ser preservada de modo a garantir a validade dos resultados.

O Método Delphi escolhido para o propósito deste projeto de pesquisa é o apresentado por LINSTONE e TUROFF (2002), utilizando em particular os elementos apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Elementos Principais do Método Delphi.

| | |
|--------------------------|---|
| OBJETIVO | Para obter parecer e ganhar consenso |
| PAINELISTA ALVO | Especialistas selecionados com base nos objetivos da investigação, identificados na revisão sistemática da literatura sistemática..GE na IEI |
| ADMINISTRAÇÃO | E-mail ou pesquisa on-line pela web |
| NÚMERO DE RODADAS | No máximo três rounds - primeira eliminatória para o acordo e coleta de sugestões, segundo turno para o acordo, terceira rodada para a classificação dos critérios. |
| 1ª RODADA DESIGN | Será fornecido com o modelo preliminar um conjunto de instruções para as orientações e serão questionados sobre sua concordância em considerar cada uma das afirmações sobre a pertinência de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para a Gestão da Energia na IEI.. |

Fonte: O autor, 2018.

A utilização deste método está adequada para o desenvolvimento deste trabalho científico haja vista a necessidade de obter consenso sobre as práticas de GE implementadas nas indústrias ao redor do mundo já que envolve temas complexos relacionando diversas áreas de conhecimento, tais como: engenharia, administração, finanças, economia, etc.

3.2.3.2 Método Estudo de Caso

O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que usa uma pesquisa empírica para investigar um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos e em que múltiplas fontes de evidência são utilizadas (YIN, 2001). O estudo de caso tem por foco o entendimento da dinâmica presente num ambiente (pode ser uma empresa, uma parte dela etc.) (EISENHARDT, 1989).

Na condição de um método qualitativo, o estudo de caso é aplicado com o objetivo maior da compreensão do fenômeno e é uma estratégia de pesquisa adequada quando a forma da pergunta de pesquisa é do tipo “por quê” e “como”.

Os aspectos principais relacionados ao estudo de caso são: (i) a técnica de seleção do caso (caso único ou múltiplo); (ii) definição de um formato para coleta de informação; e (iii) definição de um procedimento de análise.

Conforme os objetivos da pesquisa, transposição das diretrizes e dos modelos técnicos-conceituais propostos, constata-se que o uso da estratégia de pesquisa de estudo de caso está apropriado às características do trabalho científico ora em desenvolvimento. Neste trabalho de pesquisa há previsão de desenvolvimento de um estudo de caso a ser realizado em empresa de uso intensivo de energia na região metropolitana de Curitiba.

3.2.3.2.1 Condução do estudo de caso

Conforme YIN (2001) as etapas para a condução dos estudos de casos estão descritas a seguir, mostrado na Figura 40.

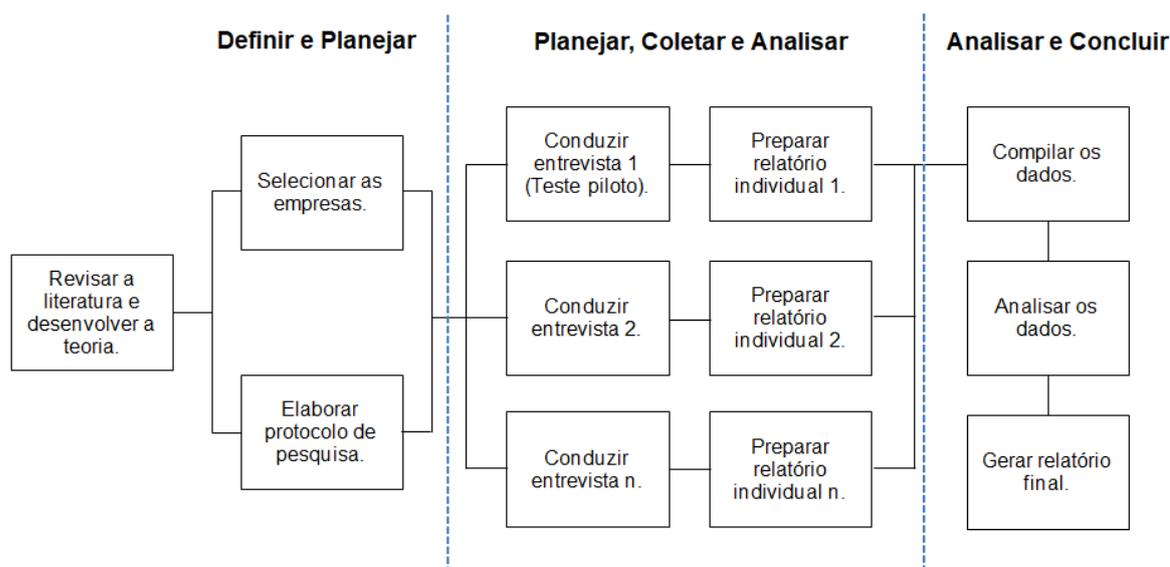


Figura 40 - Condução do Estudo de Caso.
Fonte: YIN (2001), adaptado pelo autor (2018).

Revisar a literatura e definir o referencial teórico, onde são selecionados os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por fornecer dados relevantes para o tema escolhido. Deve-se definir um referencial conceitual-teórico para o trabalho, de maneira a resultar em um mapeamento da literatura sobre o assunto. O mapeamento localiza os tópicos de pesquisa no contexto da literatura disponível sobre o tema a ser estudado. Para o estudo de caso, é importante o desenvolvimento da teoria como parte da fase de projeto, caso o propósito do estudo de caso seguinte seja desenvolver ou testar a teoria.

Selecionar as empresas: uma das principais tarefas é a escolha da (s) unidade(s) de análise, ou seja, do(s) caso(s). Em um primeiro momento, deve ser determinada a quantidade de casos: único ou múltiplos casos, resultando em vantagens e dificuldades em cada um desses tipos. A partir da seleção do(s) caso(s) devem-se determinar os métodos e técnicas para coleta e análise dos dados.

3.2.3.2.2 Validade e Confiabilidade dos Estudos de Caso

Os conceitos necessários para uma boa aplicação do estudo de caso quanto à sua validade e confiabilidade são: (i) a validade construtiva estabelece medidas operacionais corretas para os conceitos sob estudo; (ii) a validade interna estabelece relações causais, pelo que certas condições são mostradas a conduzirem a outras condições; (iii) a validade externa estabelece os domínios nos quais os resultados da

pesquisa podem ser generalizados (múltiplos casos); (iv) a confiabilidade demonstra que os resultados do estudo podem ser repetidos, chegando-se aos mesmos resultados. (YIN, 2001)

Na validade construtiva, um aspecto importante se refere às evidências a serem colhidas em campo que se agrupam em quatro grandes tipos fontes: (i) análise documental - construída em função da lógica desenvolvida no trabalho; (ii) entrevista estruturada - obedecendo às questões orientativas; (iii) *survey* - questionário com perguntas em estilo fechado; (iv) observações - cujo instrumento a ser desenvolvido é sob a forma de um diário de campo;

O Quadro 5 apresenta o modelo para garantir a validade e a confiabilidade da pesquisa empírica:

Quadro 5 - Táticas Empregadas para Garantir a Qualidade da Pesquisa.

| Testes | Tática sugerida na literatura | Tática empregada |
|----------------------|--|--|
| Validade construtiva | <ul style="list-style-type: none"> - uso de múltiplas fontes de evidência a serem aplicados nesta pesquisa (análise de documentos; entrevista; <i>survey</i>; observações) - estabelecimento de uma cadeia de evidências - revisão de versões preliminares do relatório final por informantes-chave (da fase de coleta de dados) - modelo analítico incorporando resultado de observação | <ul style="list-style-type: none"> - os encontros são conduzidos com vários participantes, de forma a se ter maior confiabilidade nas informações coletadas - a empresa pesquisada foi visitada - a lógica do processo, na fase de coleta de dados, é garantida pela estrutura e sequência das folhas tarefas - o preenchimento das folhas tarefas constitui um importante documento para a documentação e comunicação dos resultados - os testes de factibilidade, usabilidade e utilidade fornecem dados para se estabelecer um processo mais consistente |
| Validade interna | <ul style="list-style-type: none"> - fazer a confrontação com um padrão, ou construção de explanação ou análise de séries temporais | <ul style="list-style-type: none"> - os dados coletados são registrados em folhas tarefas com campos e escalas definidos, de forma que a análise dos dados fica menos sujeita à subjetividade do pesquisador |
| Validade externa | <ul style="list-style-type: none"> - uso da lógica de replicação através de múltiplos casos - consistência do referencial teórico | <ul style="list-style-type: none"> - as entrevistas para revisão |
| Confiabilidade | <ul style="list-style-type: none"> - uso de um protocolo de pesquisa - desenvolvimento de uma base de dados para o estudo de caso | <ul style="list-style-type: none"> - o processo desenvolvido prescreve a lógica e tem instrumentos de coleta de dados definidos - os dados coletados são registrados nas folhas tarefas |

Fonte: YIN (2001) e PLATTS (1994), adaptado pelo autor (2018).

3.2.3.3 Pesquisa Ação

A pesquisa-ação é uma pesquisa social com base empírica. Pode ser a realização uma ação ou da resolução de um problema coletivo onde os participantes

representativos do problema estão envolvidos de modo participativo (THIOLLENT, 2002).

Conforme THIOLLENT (2002), um dos principais objetivos da pesquisa-ação consiste em dar aos pesquisadores os meios para se tornarem capazes de responder com maior eficiência aos problemas da situação vivenciada, em particular sob forma de diretrizes de ação transformadora. Na concepção da pesquisa-ação, as condições de captação da informação empírica são marcadas pelo caráter coletivo do processo de investigação e pelo uso de: (i) técnicas de seminário; (ii) entrevistas coletivas ou questionários; (iii) reuniões de discussão com os interessados.

Ainda segundo THIOLLENT (2002), pode-se entender a pesquisa-ação como: (i) uma linha de pesquisa associada a diversas formas de ação coletiva, que é orientada em função da resolução de problemas ou de objetos de transformação; (ii) um instrumento de trabalho e de investigação com grupos; (iii) uma pesquisa centrada na resolução de problemas, tomada de consciência ou produção do conhecimento; (iv) um estudo dinâmico dos problemas, decisões, ações, negociações e conflitos que ocorrem entre os agentes durante o processo de transformação da situação; (v) uma pesquisa onde há ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas ligadas ao objeto de pesquisa; (vi) resolução ou pelo menos o esclarecimento dos problemas da situação em questão.

3.2.4 Composição de artigos para publicação

O Quadro 6 mostra os artigos que compõe esta tese. O quadro apresenta a fase do trabalho, índice do artigo publicado ou a ser publicado, tópico, objetivo específico relacionado, método/abordagem/produto e o periódico proposto para a publicação de cada artigo.

Quadro 6 - Estrutura dos Artigos para Publicação.

| | Artigo | Tópico | Objetivos Específicos | Método/ Abordagem | Proposição de Jornal para publicação |
|--------|--------|--|-----------------------|--|--|
| Fase 1 | I | GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E A PERSPECTIVA DA ENGENHARIA ORGANIZACIONAL | OE1 | -Revisão sistemática da literatura (proknow-c) | Journal Applied Energy- A1 (submetido) |
| Fase 2 | II | GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA: AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS E ESTUDO DELPHI | OE2 | -Ações técnicas e gerenciais recomendadas -Estudo Delphi | Journal IEEE Latin America - B1 (submetido) |
| Fase 3 | III | GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA: UMA ABORDAGEM DE ENGENHARIA ORGANIZACIONAL | OE3 e OE5 | -Engenharia Organizacional -Gerenciamento de processos de negócio -Framework | - Conferência Internacional de Energias Inteligentes - Smart Energy 2017 (publicado) - Brazilian of Biology and Technology (versão inglês aceito e publicado) - B2 |
| | IV | GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA: DESENVOLVENDO UM MAPA CONCEITUAL | OE4 | -Mapa conceitual | - Conferência Internacional de Energias Inteligentes - Smart Energy 2018 (submetido e aceito) - Brazilian Archives of Biology and Technology (versão inglês em submissão, continuação do Artigo III) - B2 |
| Fase 4 | V | GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA: UMA ABORDAGEM DE INTEROPERABILIDADE ORGANIZACIONAL | OE6 e OE8 | - Avaliação da Interoperabilidade | Journal Renewable Energy - A1 (preparação do artigo) |
| Fase 5 | VI | AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ORGANIZACIONAL PARA UM SISTEMA DE GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA ENERGO-INTENSIVA | OE7 | - Estudo de caso -Auditoria da manufatura | Journal Cleaner Production - A2 (preparação do artigo) |
| Extra | - | ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE MICROGERAÇÃO ON-GRID (publicação orientador) | - | - Estudo de caso | - Conferência Internacional de Energias Inteligentes - Smart Energy 2018 (submetido e aceito) - Brazilian Archives of Biology and Technology (versão inglês em submissão,) - B2 |

Fonte: O Autor, 2018.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

A fundamentação teórica respalda-se na reunião consistente de modelos e ideias, estabelecendo a perspectiva na qual o pesquisador interpreta o problema de pesquisa. A fundamentação conceitual conduz à investigação e situa o pesquisador quanto à literatura de maior importância no tema da pesquisa. A fundamentação conceitual corresponde à operacionalização da fundamentação teórica.

A estrutura básica deste capítulo se apresenta na seguinte disposição: (i) Barreiras Organizacionais; (ii) Estruturas Organizacionais; (iii) Modelo Estrela de Galbraith; (iv) Engenharia Organizacional; (v) Interoperabilidade.

4.1 BARREIRAS ORGANIZACIONAIS

Na década de 1990, a expressão “*Energy Efficiency Gap*” passa a ser relatada na literatura científica para discorrer sobre projetos e investimentos de EE que, mesmo econômica e tecnologicamente viáveis, não são efetivamente implantados nas indústrias ao redor do mundo (JAFPE e STAVINS, 1994; DECANIO, 1997; GROOT, 2001).

Ainda na década de 1990, como resultado de diversas pesquisas de campo conduzidas por diferentes autores (WEBER, 1997; SORRELL, 2000; CAGNO, 2013), os problemas para uma eficiente GE na indústria passam a ser rotulados como barreiras. Em uma revisão da literatura WEBER (1997) apresentou a seguinte tipologia: (i) Barreiras institucionais; (ii) Barreiras condicionadas pelo mercado; (iii) Barreiras organizacionais; (iv) Barreiras comportamentais. A síntese da tipologia definida por WEBER (1997) é apresentada na Tabela 22.

Tabela 22 - Tipologia das Barreiras ao Uso Eficiente da Energia.

| Barreiras | Causa | Exemplo |
|-----------------|--|---|
| Institucionais | Barreiras causadas por instituições políticas, ou seja, governo e autoridades locais | Conjunto de regras ou políticas, um certo departamento ou ato de política |
| Mercado | Barreiras de mercado ou falhas de mercado | Monopólio, falta de informação ou subsídios |
| Organizacionais | Barreiras intra-organizacionais, especialmente nas empresas | Assimetria de informação, troca com os objetivos específicos não energéticos ou falta de responsabilidade no que diz respeito ao consumo de energia |
| Comportamentais | Barreiras relacionadas aos indivíduos | Falta de atenção para com o consumo de energia, falta de controle ou um elo perdido entre atitude e ação |

Fonte: WEBER (1997), adaptado pelo autor (2018).

Também, segundo SORRELL et al. (2000), uma barreira é definida como um 'mecanismo postulado' que inibe os investimentos em tecnologias que são eficientes em termos de energia e economicamente viáveis". Sua análise sobre barreiras está disposta na Tabela 23.

Tabela 23 - Barreiras ao Uso Eficiente da Energia

| Perspectiva | Exemplos | Autores | Teoria |
|----------------|---|--|---|
| Econômica | Informação imperfeita, informação assimétrica, custos ocultos, riscos | Indivíduos & organizações concebidos como racionais para maximização da empresa | Economias Neoclássicas |
| Comportamental | Incapacidade para processar informações, forma de informação, confiança, inércia | Indivíduos concebidos como racionalmente delimitados sem motivação não-financeiras e de uma variedade de influências sociais | Custo de transação econômica, psicologia, teoria de decisão |
| Organizacional | Ausência de poder e influência do gestor energético; cultura organizacional conduz a negligenciar aspectos energéticos e ambientais | Organizações concebidas como sistemas, sócias influenciadas por objetivos, rotinas, culturas e estruturas de poder | Teoria organizacional |

Fonte: SORRELL et al. (2000), adaptado pelo autor (2018).

Mais recentemente, CAGNO et al. (2013), em uma revisão crítica da literatura, desenvolveram uma taxonomia englobando as barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes, conforme disposto na Tabela 24.

Tabela 24 - Taxonomia com Distinção da Origem e Atores Afetados pelas Barreiras.

| Origem | Ator/Área | Barreiras |
|---------|---------------------------------------|--|
| Externa | Mercado | Distorção dos preços da energia; Baixa difusão de tecnologias; Baixa difusão de informação; Riscos de mercado; Dificuldade em reunir habilidades externas. |
| | Governo / política | Falta de regulamentação adequada; Distorção nas políticas fiscais. |
| | Fornecedores de tecnologia / serviços | Falta de interesse em EE; Tecnologia e fornecedores não atualizados; Escassas habilidades de comunicação. |
| | Designers e Fabricantes | Características técnicas inadequadas; Custos iniciais altos. |
| | Fornecedores de energia | Escassas habilidades de comunicação; Distorção nas políticas energéticas; Falta de interesse em EE. |

| | | |
|---------|---|---|
| | Fornecedores de capital | Custo para investir e disponibilidade de capital; Dificuldade em identificar a qualidade dos investimentos. |
| | Econômico | Baixa disponibilidade de capital; Despesas ocultas; Riscos relacionados à intervenção. |
| Interna | Comportamental | Falta de interesse em intervenções de EE; Outras prioridades; Inércia; Critérios de avaliação imperfeitos; Falta de compartilhar os objetivos. |
| | Organizacional | Baixo status de EE; Interesses divergentes; Cadeia de decisão complexa; Falta de tempo; Falta de controle interno. |
| | Barreiras relacionadas com competências | Identificando as ineficiências; Implementando as intervenções. |
| | Consciência | Falta de consciência ou conhecimento |

Fonte: CAGNO et al. (2013), adaptado pelo autor (2018).

Considerando os diversos estudos referentes às barreiras à adoção de tecnologias energeticamente eficientes na indústria e de forma geral a uma bem sucedida GE na indústria, verifica-se que as referidas barreiras podem ser de origem: **(1) Externa:** (i) mercado; (ii) governo/política; (iii) fornecedores; (iv) tecnologia/serviços; (v) projetistas; (vi) fabricantes; (vii) fornecedores de energia e financiadores (SORRELL et al., 2000; CAGNO et al., 2013).

(2) Intra-organizacional, sob as perspectivas: (i) econômica; (ii) comportamental; (iii) organizacional (SORRELL et al., 2000).

Portanto, face ao disposto na literatura científica e ao estabelecido problema de pesquisa “barreiras organizacionais”, configuram-se as condições de avanço para este trabalho de pesquisa. A questão está na forma de como possibilitar uma melhor compreensão sobre as barreiras organizacionais com o intuito de, empregando técnicas e modelos apropriados, minimizar, superar ou remover as barreiras e oferecer melhorias para o desempenho energético das indústrias. Portanto, com relação às barreiras organizacionais, podem ser destacados os diferentes aspectos, conforme disposto na Tabela 25 abaixo:

Tabela 25 - Barreiras Organizacionais ao Uso Eficiente da Energia.

| # | Descrição do Problema | Autores |
|----|--|--|
| 1 | Falta de um efetivo gerenciamento interno na empresa | GROOT (2001), AFLAKI (2013) |
| 2 | Complexa cadeia de decisão | SORRELL (2006), CAGNO (2013) |
| 3 | Ausência de poder e influência do gestor energético | SORRELL (2006), THOLLANDER (2008), PALM (2010), BUNSE (2011), DOBES (2012) |
| 4 | Falta de comunicação entre plantas | WORRELL (2011) |
| 5 | Cultura organizacional que conduz à negligência de aspectos energéticos e ambientais | SORRELL (2006), PALM (2010), BUNSE (2011), TRIANNI et al. (2013), DOBES (2012) |
| 6 | Pouca importância do programa de EE | GROOT (2001), SORRELL (2006), SARDIANOU (2007), THOLLANDER (2008), WORRELL (2008), TRIANNI et al. (2013), FLEITER (2012) |
| 7 | Pequeno entendimento de como criar apoio para um projeto de EE | WORRELL (2011) |
| 8 | Inércia organizacional para mudança da situação vigente | WORRELL (2011) |
| 9 | Interesses divergentes | DECANIO (1997), CAGNO (2012) |
| 10 | Falta de coordenação interna | SORRELL (2006), CAGNO (2012) |

Fonte: O autor, 2018.

A revisão da literatura permite concluir que pouca atenção é dada às barreiras organizacionais, uma vez que são escassos os estudos relacionados a este tema mais específico, mas por outro lado, dá maior relevância para obter-se um SGE bem sucedido (SCHULZE et al., 2016). Em geral, os estudos sobre barreiras ao uso eficiente da energia são focados em aspectos técnicos, enquanto os aspectos organizacionais são relativamente menos explorados.

Dessa forma, é relevante para o tema da pesquisa estudar as estruturas e modelos organizacionais adotados para a GE na indústria.

4.2 ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS

As estruturas organizacionais são sistemas formais de tarefas e relações de autoridade que controlam como as pessoas coordenam suas ações e usam recursos para alcançar objetivos organizacionais (JONES, 2007).

4.2.1 Estruturas formais para o SGE

Uma análise realizada por CAPEHART et al. (2003), sobre estruturas organizacionais envolvendo um SGE, discorre sobre a utilização de uma equipe de gestão da energia (EGE) formalizada no organograma empresarial, como mostram as Figuras 41 a 43.

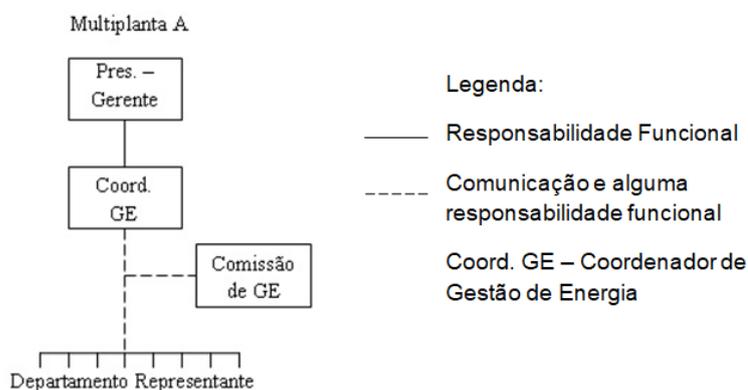


Figura 41 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE.
Fonte: CAPEHART (2003), adaptado pelo autor (2018).

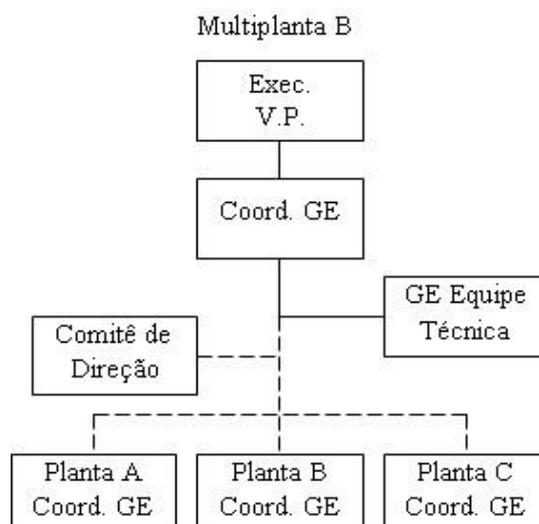


Figura 42 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE.
Fonte: CAPEHART (2003), adaptado pelo Autor (2018).

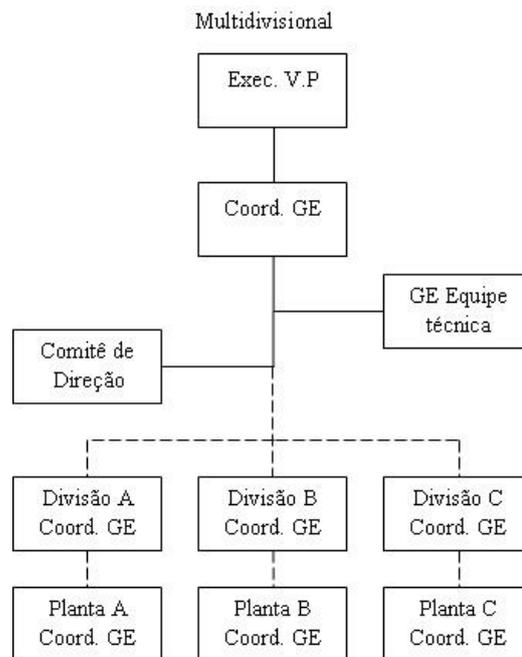


Figura 43 - Estrutura Típica de uma Organização de Programa de GE.
 Fonte: CAPEHART (2003), adaptado pelo autor (2018).

De acordo com o CAPEHART et al. (2003), o compromisso da alta direção com o programa é crucial para uma implementação e operação bem sucedida de um programa de GE. De forma semelhante, o papel de um gestor energético é decisivo para garantir o comprometimento da gerência com o programa.

O coordenador de GE deve ser dinâmico, focado e um bom gerente. O mais importante é que a alta direção disponibilize recursos apropriados, incluindo funcionários qualificados. Uma corporação com multiplanta ou de multidivisão pode precisar de vários coordenadores, um para cada planta ou um para cada nível de organização, como no esquema mostrado na Figura 42.

Os programas melhores sucedidos de GE possuem uma comissão de GE. A comissão de GE é composta de duas subcomissões que preferencialmente são articuladas em uma subcomissão técnica e uma subcomissão administrativa (de direção).

A comissão técnica é geralmente composta por várias pessoas com sólida formação técnica em sua disciplina. Engenheiros químicos, eletricitas, industrial, civil e mecânico, assim como outros cargos representados nesta comissão. Sua responsabilidade é fornecer assistência técnica para o coordenador. Enquanto o coordenador da GE deve adotar uma posição de tempo integral, a comissão técnica pode operar em tempo parcial, sendo requisitada quando necessário. Em uma

corporação de multiplanta e de multidivisão, a comissão técnica pode ser de tempo integral.

A comissão administrativa (direção) tem como objetivo auxiliar nas atividades gerais da GE. Uma atividade relevante na comissão administrativa está relacionada com a comunicação, garantindo que todos os funcionários estejam informados e cientes das atividades da GE.

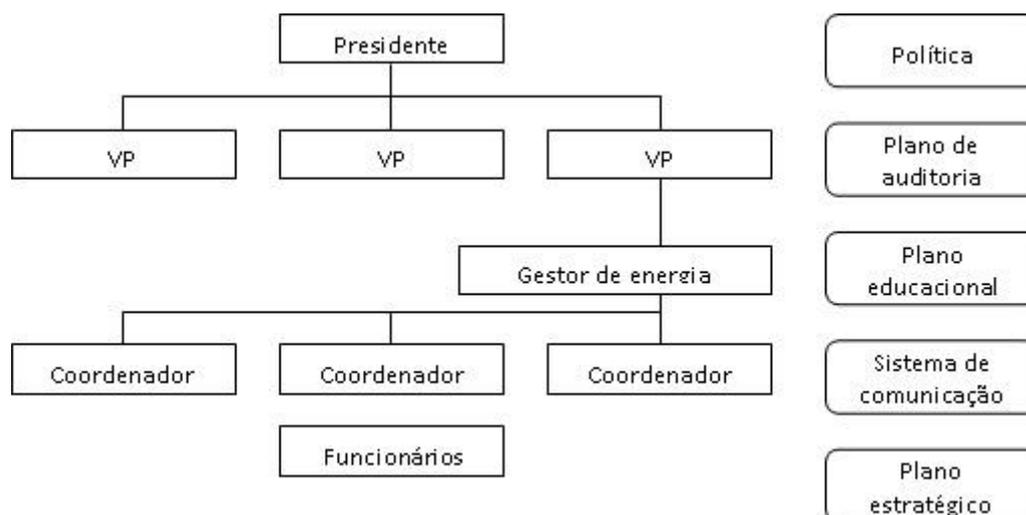


Figura 44 - Programa de GE.

Fonte: TURNER e DOTY (2007), adaptado pelo autor (2018).

A estrutura organizacional para a GE, de acordo com TURNER e DOTY (2007), pode ser representada de forma genérica no esquema da Figura 44. Nesta configuração, o presidente pode ser um diretor geral e os VPs (vice-presidentes), gerentes de divisão.

O gestor energético precisa ter apoio da alta direção e estar posicionado em uma situação tal que possa ter acesso às informações-chave e atualizadas da empresa. A escolha do gestor energético é um ponto importante, pois ele deve ter o entendimento e a visão do que a GE pode trazer de benefícios para a empresa. O gestor energético deve ter iniciativa e fazer as coisas acontecerem. Porém não pode ser uma pessoa individualista, já que o envolvimento de todos é muito mais produtivo.

Os coordenadores representam a “composição central do time” da gestão da energia dentro de uma estrutura organizacional. O critério principal para a indicação deve ser a competência, habilidade para trabalhar em equipe, etc. Há necessidade de haver representantes das áreas administrativa, contabilidade, financeiro, operação

e/ou manutenção e de outras áreas mais fortemente relacionadas com aspectos energéticos.

O grupo de coordenadores deve ser nomeado por um período de tempo específico tal como um ano, sendo que a rotatividade é interessante já que pode trazer pessoas com novas ideias.

Os funcionários (operacionais) são mostrados como parte da estrutura organizacional, sendo talvez o maior recurso inexplorado em um SGE. Os funcionários estão representados na Figura 44, mas não estão conectados no diagrama, assim explicitando a situação anteriormente relatada. Os funcionários (operacionais) das indústrias geralmente são os melhores conhecedores dos equipamentos que qualquer outro funcionário da empresa. Os funcionários (operacionais) sabem como fazer operar de forma mais eficiente os equipamentos e é necessário mecanismos para que suas ideias tenham acesso e sejam ouvidas pela EGE (gestor energético).

A compreensão do lado psicológico da motivação é importante antes de envolver os funcionários em um SGE. A motivação pode ser definida, bem como a quantidade de energia física e mental que um trabalhador está disposto a investir em seu trabalho.

A formalização de uma EGE integrada na estrutura formal da empresa se apresenta como uma solução melhor recomendada. (Vide proposições de CAPEHART et al., 2003; TURNER e DOTY, 2007). Entretanto na realidade, em face de vários fatores em que preponderam aspectos financeiros, somente em alguns países desenvolvidos e em uma quantidade limitada de empresas (geralmente grandes corporações com uso intensivo de energia) é adotada esta prática.

As normas de GE, tais como ISO 50001, EN 16001, ANSI MSE 2000 e recomendações de organismos internacionais, como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) *Guide Energy Management*, explicitamente formulam a necessidade de composição de uma EGE. Todavia não detalham o arranjo da equipe de gestão no organograma empresarial, ficando a critério da organização a utilização de uma estrutura *Ad hoc* (propósito definido) estilo força tarefa ou uma estrutura formal na empresa.

A EGE multifuncional em estrutura *Ad hoc* em proposição como estágio inicial neste trabalho de pesquisa, em função de bons resultados obtidos, poderá, a critério da alta direção da empresa, progredir posteriormente para uma estrutura formal com

dedicação parcial ou integral de seus ocupantes aos trabalhos e obrigações da gestão energética.

4.2.2 Frameworks

Para ZILBOVICIUS (1999), os modelos têm um papel fundamental na difusão de práticas, pois estabelecem um modo de pensar, abordar e articular os problemas organizacionais, e desempenham um papel de referência, ou seja, operam como prescrição para os agentes que tomam decisão a respeito de práticas a serem empregadas nas operações e processos organizacionais. Um modelo também é uma forma de solucionar os problemas de eficiência colocados à organização, buscando uma teoria local para a efetividade, na medida da ação e de sua especificação.

Conforme PIDD (1998), o modelo pode ser definido como uma representação da realidade, projetada para algum propósito definido. O nosso conceito do que está ocorrendo no mundo real consiste de visões e argumentos mal definidos, a não ser que possamos claramente codificar e documentar dentro de um modelo formal.

Os modelos podem ser empregados como ferramentas para alguns dos objetivos principais: definição de um sistema ou problema, análise e detecção de elementos críticos, como síntese e avaliações de soluções propostas e o planejamento de desenvolvimentos futuros (SOARES, 1992).

Quadro 7 - Representações e Abordagens.

| Representações e Abordagens | Definições |
|------------------------------------|---|
| Sistema | Um sistema define um conjunto de elementos inter-relacionados limitados, com propriedades emergentes e o representa dentro do contexto de um paradigma. |
| Esquema (<i>Framework</i>) | Uma esquema suporta a compreensão e comunicação de estrutura e relacionamento dentro de um sistema para um propósito definido. |
| Mapa | Um mapa suporta o entendimento das relações estáticas entre elementos de um sistema. |
| Modelo | Um modelo suporta a compreensão da dinâmica de interação entre os elementos de um sistema. |
| Processo | Um processo é uma abordagem para alcançar um determinado objetivo, através da transformação de entradas em saídas. |
| Procedimento | Um procedimento é uma série de etapas para operacionalizar um processo. |
| Técnica | Uma técnica é uma maneira estruturada de completar parte de um procedimento. |
| Ferramenta | Uma ferramenta facilita a aplicação prática de uma técnica. |

Fonte: SHEHABUDEEN, PROBERT e PHAAL (2000), adaptado pelo autor (2018).

4.2.2.1 *Frameworks* para a gestão da energia

Os modelos propostos na literatura científica para a GE ainda não permitem estabelecer um formato que detalhe condições para auxiliar na solução das barreiras organizacionais. Tais modelos (*frameworks*), como os propostos por CHRISTOFFERSEN et al. (2006), BUNSE et al. (2011), ATES e DURAKBASA (2011) e VIKHOREV (2013), Figuras 45, 46, 47 e 48 são focadas em aspectos técnicos, enquanto aspectos organizacionais são relativamente menos explorados, sendo uma das proposições o modelo estabelecido por SCHULZE et al. (2016) representado na Figura 49.

O framework proposto por CHRISTOFFERSEN et al. (2006), disposto na Figura 45, ampara-se na situação de que o conhecimento da empresa sobre a GE está fundamentado nos aspectos: (i) características da empresa (tamanho, ramo, setor, intensidade energética); (ii) condições organizacionais internas (ambiente gerencial, responsável energético); (iii) relações externas (supridores de energia e combustíveis, consultores, pressões ambientais de grupos focados, etc.); (iv) ambiente regulatório (acordos com autoridades energéticas, subsídio a economia de energia, etc.). Para a situação anteriormente citada, relativa ao conhecimento da empresa sobre a GE e também ao entendimento da influência dos preços da energia, conduz a empresa para uma GE que, com práticas adequadas, pode resultar em economia e melhorias no desempenho energético.

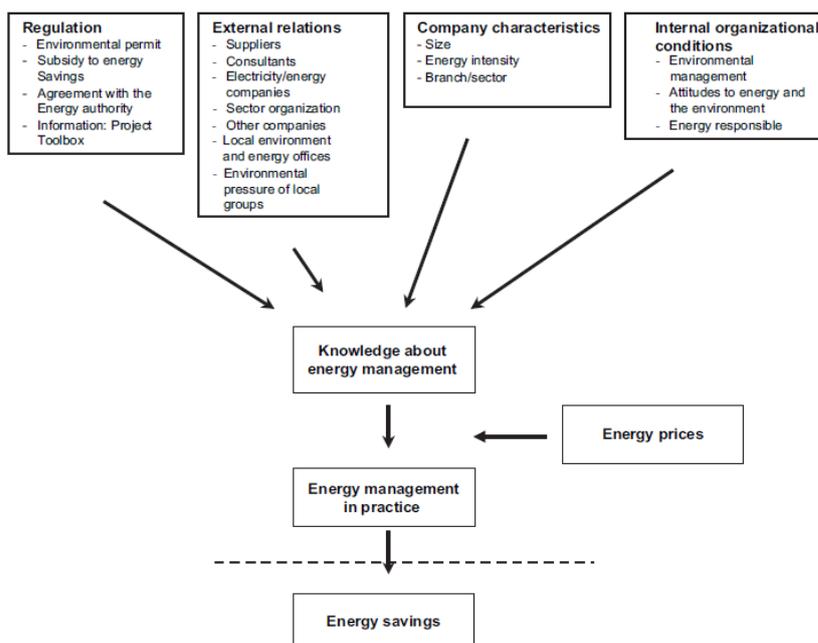


Figura 45 - Framework Conceitual da GE "CHRISTOFFERSEN".
Fonte: CHRISTOFFERSEN et al., 2006.

O framework proposto por BUNSE et al. (2011), disposto na Figura 46, possui foco na GE na produção. Este modelo destaca a utilização de ferramentas de medição (indicadores e benchmarking) e controle (monitoramento e framework conceitual para avaliação) em conjunto com tecnologias da comunicação e informação e das diretrizes de normas padrão internacional de GE para melhorar a EE em linhas de produção.

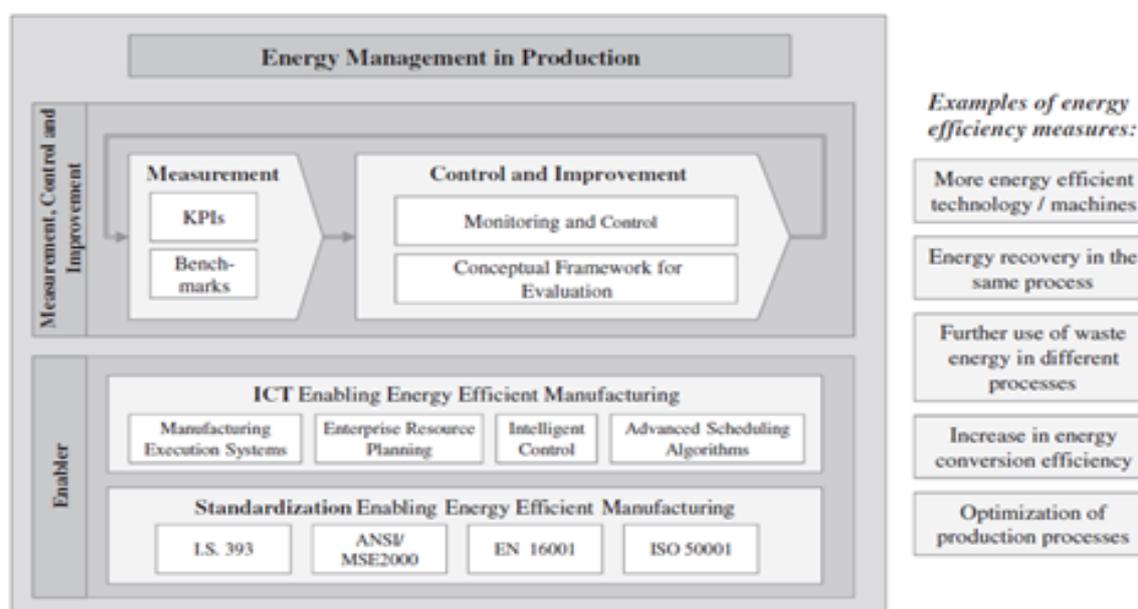


Figura 46 - Framework Conceitual da GE "BUNSE".
Fonte: BUNSE et al., 2011.

O framework proposto por ATES e DURAKBASA (2011) disposto na Figura 47, analisa (i) as características da empresa (porte, ramo de atuação, intensidade energética), (ii) condições internas (gestão ambiental, responsabilidade energética, ações de GE) (iii) as relações externas da organização (relação com fornecedores, consultores e organizações relacionadas ao setor), normas e padrões internacionais de GE para compor o que chama de “conhecimento em gestão da energia”. Tal conhecimento, susceptível às oscilações nos custos dos insumos energéticos, consolida a GE na prática, que proporcionará melhorias no desempenho energético e economias à organização.

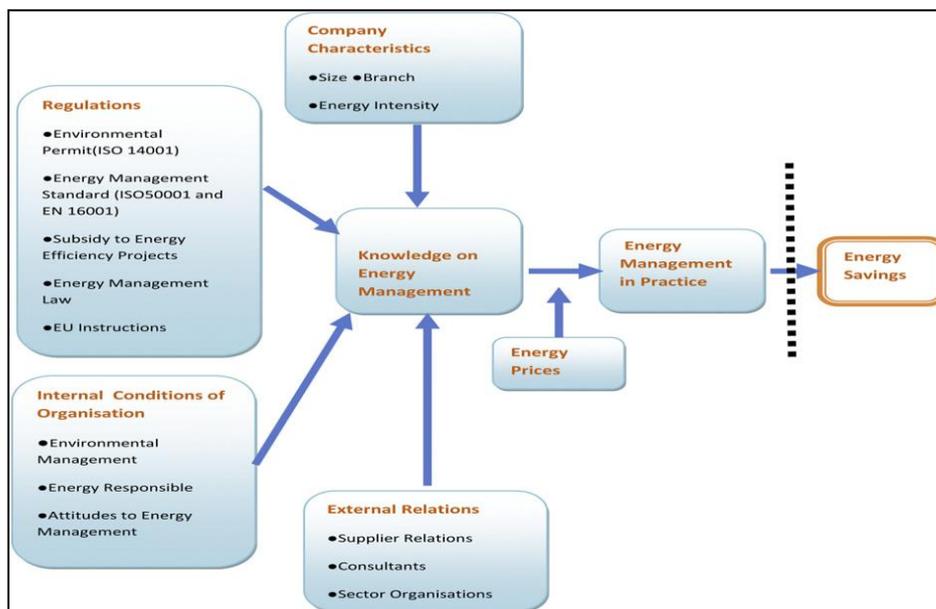


Figura 47 - Framework Conceitual da GE “ATES”.
Fonte: ATES e DURAKBASA, 2011.

O framework proposto por VIKHOREV (2013) disposto na Figura 48, é fundamentado no *MES-Manufacturing Execution Systems* ou seja os sistemas são focados no gerenciamento das atividades da produção. O sistema *MÊS*, através de interfaces de comunicação, fornece informações padrão sobre energia para um sistema central que, comparado com indicadores, métricas e regras, supre os gerentes (tomadores de decisão) para otimizações e realimentação no sistema.

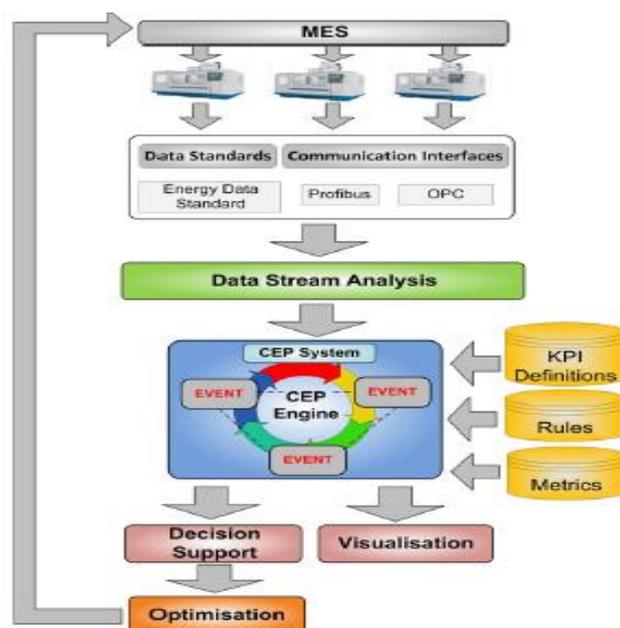


Figura 48 - Framework Conceitual da GE "VIKHOREV".
Fonte: VIKHOREV, 2013.

O modelo proposto por SCHULZE et al. (2016), Figura 49, apresenta um formato em que a GE inicia-se com a realização de uma auditoria energética com a respectiva análise de oportunidades de melhoria no desempenho energético. Com o estabelecimento de uma EGE e de um gestor energético, empreende-se o planejamento energético (política energética, planos de ações, etc). Posteriormente, segue-se com a implementação e operação de medidas de eficiência energética, e demais oportunidades de melhorias no uso e consumo da energia. Na etapa seguinte de controle e monitoramento de dados, realiza-se a avaliação do desempenho, *benchmarking*, etc. As etapas de planejamento, implementação e controle são realimentadas entre si para uma efetiva melhoria no desempenho das atividades. Ressalte-se a influência no SGE e a necessidade de uma comunicação ativa, envolvimento da alta direção, educação e treinamento, sistema de recompensas. sistema de governança com políticas e procedimentos adequados.

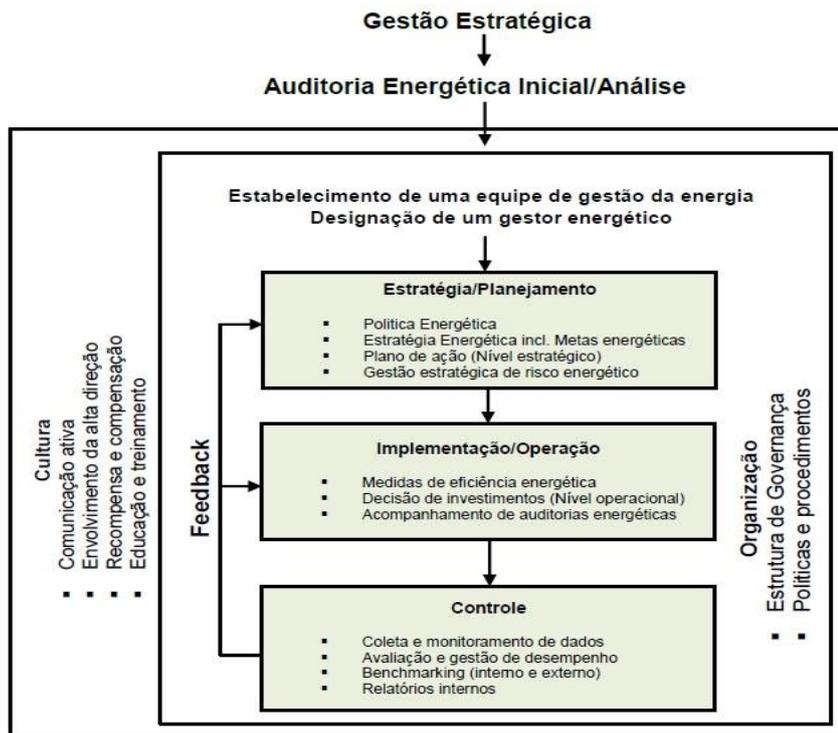


Figura 49 - Framework Conceitual da GE "SCHULZE".
Fonte: SCHULZE et al., 2016.

4.2.3 Modelo de sistema de Gestão da Energia norma ISO 50001

A proposição de uma equipe de gestão da energia formalizada no organograma empresarial e integrada na empresa se apresenta como uma solução melhor recomendada, vide proposições de (CAPEHART et al., 2003; TURNER e DOTY, 2007). Entretanto na realidade, em face de vários fatores em que preponderam aspectos financeiros, somente em alguns países desenvolvidos e em uma quantidade limitada de empresas (geralmente grandes corporações com uso intensivo de energia) é adotada esta prática. As normas de gestão da energia tais como, ISO 50001, EN 16001, ANSI MSE 2000 e recomendações de organismos internacionais como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) *Guide Energy Management*, explicitamente formulam a necessidade de composição de uma equipe de gestão da energia. Todavia não detalham o arranjo da equipe de gestão no organograma empresarial, ficando a critério da organização a utilização de uma estrutura *Ad hoc* (propósito definido) estilo força tarefa ou uma estrutura formal na empresa.

A equipe de gestão da energia multifuncional em estrutura *Ad hoc* proposta como estágio inicial neste trabalho, em função de bons resultados obtidos, poderá, a

critério da alta direção da empresa, progredir posteriormente para uma estrutura formal com dedicação parcial ou integral de seus ocupantes aos trabalhos e obrigações da gestão energética.

O modelo de sistema de gestão da energia proposto pela norma ISO 50001 esta explicitado na Figura 50

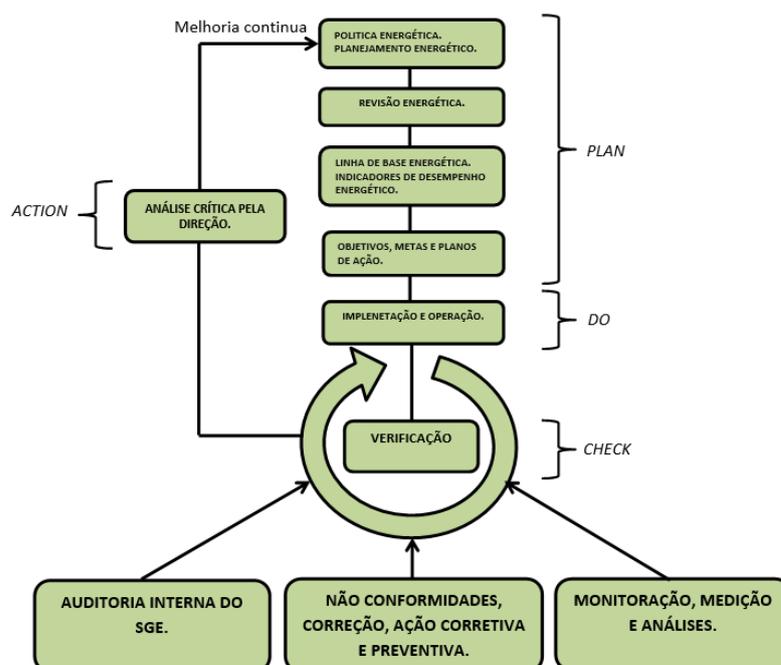


Figura 50 - Modelo de Sistema de GE, Norma ISO 50001.
Fonte: ISO 50001, 2011.

4.2.4 Estrutura AD HOC

Segundo TOFFLER (1994), a *adhocracia* ou "adocracia" é um sistema temporário variável e adaptativo, organizado em torno de problemas a serem resolvidos por grupo de pessoas com habilidade e profissões diversas e complementares. Constitui-se em uma opção à tradicional Departamentalização.

O gestor energético designado por suas habilidades de liderança e solucionador de problemas procede consulta por toda a empresa e seleciona nove candidatos (variável entre sete e dez) para integrarem uma equipe multifuncional, designada de Equipe de Gestão da Energia (EGE). Esta EGE atuará em uma estrutura organizacional "Ad hoc" com "propósito definido", no estilo de força tarefa e, conforme MITZBERG (1995), apresenta as características conforme o Quadro 8:

Quadro 8 - Características de uma Estrutura Ad Hoc.

| Características | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Dimensões do ambiente | Ambiente dinâmico |
| | Organização complexa |
| | Mercado diversificado |
| Mecanismo de coordenação do trabalho | Ajustamento mútuo |
| Partes e agentes organizacionais | Tecnoestrutura |
| | Assessoria de apoio |
| | Cúpula estratégica |
| | Linha intermediária |
| | Núcleo operacional |
| Poder de decisão | Descentralização vertical |
| | Descentralização horizontal |
| Fluxo de comunicação | Informal |
| Formulação da estratégia | Por toda organização |
| Especialização profissional | Muita especialização |

Fonte: MINTZBERG, 1995.

Conforme relatório “*Teaming up to Save Energy*” do programa ENERGY STAR (2006) da agência de proteção ambiental dos EUA, os candidatos para a EGE podem ser selecionados das seguintes áreas preferenciais para integrarem a equipe: (i) recursos humanos; (ii) saúde e segurança no trabalho; (iii) administrativo/compras; (iv) financeiro/contabilidade; (v) serviços gerais/patrimônio; (vi) operação e manutenção; (vii) engenharia elétrica/mecânica, (viii) supervisão elétrica; (ix) engenharia de processo. Esta EGE então passa a ser composta de dez funcionários, ou seja, gestor energético mais nove outros integrantes. O gestor energético encaminha a relação de integrantes da EGE para aprovação da Alta Direção.

A proposição para a formação da EGE conforme estrutura Ad Hoc e na condição de subordinada a uma diretoria selecionada (designada alta direção) para criar, organizar e conduzir um SGE está apresentada na Figura 51.

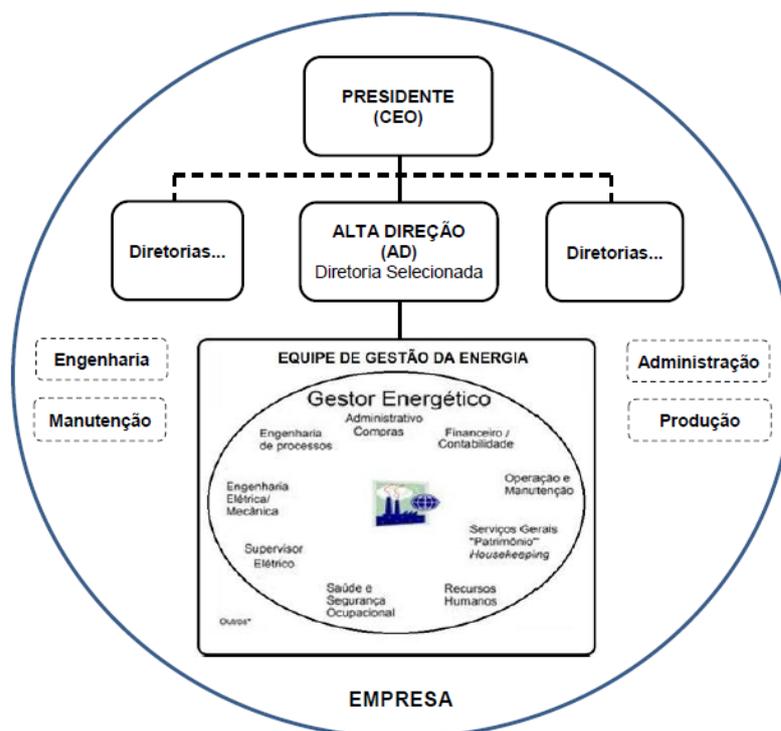


Figura 51 - EGE em Estrutura *Ad Hoc*.
Fonte: O autor, 2018.

4.3 MODELO ESTRELA DE GALBRAITH

O modelo de projeto organizacional mostrado na Figura 52 é designado de “Modelo Estrela”, estrela de cinco pontas ou pentágono, onde a estratégia é estabelecida como a direção que a organização vai seguir. A estrutura baseia-se em funções, responsabilidades e relacionamentos entre funções. Os Processos são tratados em seus aspectos informacionais e também com tomada de decisão, funções integrativas e colaboração interfuncional. As recompensas são formas motivar as pessoas a realizarem e identificarem objetivos organizacionais. As práticas do tratamento com as pessoas devem ser geridas pela organização através da contratação, revisões de desempenho, motivação, treinamento e desenvolvimento.

O projeto organizacional é o processo determinado para configurar estruturas, processos, sistemas de recompensa e práticas de pessoas para criar uma organização eficaz, capaz de alcançar a estratégia de negócios. É de fundamental importância escolher um projeto organizacional adequado, um desenho organizacional que seja efetivo.

Nesse modelo, as políticas de *design* se enquadram em cinco categorias, descritas abaixo:

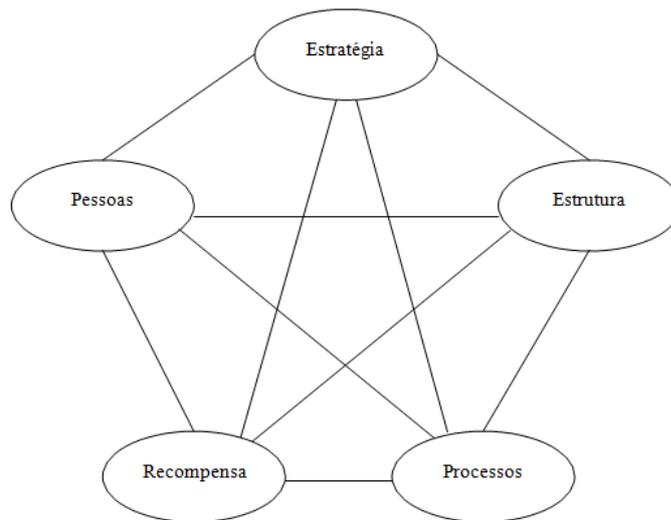


Figura 52 - Modelo Estrela
Fonte: GALBRAITH, 1995.

Estratégia: direção da organização, metas e visão de longo prazo.

Estrutura: funções, responsabilidades e relacionamentos entre funções.

Processos: tomada de decisão, funções integrativas e colaboração interfuncional.

Sistemas de recompensa: compensação e reconhecimento, metas e sistemas de medição.

Práticas de pessoas: contratação, revisões de desempenho, motivação, treinamento e desenvolvimento.

O modelo Estrela constitui-se na base para a proposição de um projeto organizacional tal que atenda a incorporação de um sistema de gestão da energia em uma empresa.

4.4 ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

A engenharia organizacional (EO), também designada como *Enterprise Engineering*, é um vasto campo de pesquisa multidisciplinar e sua principal preocupação é o desenvolvimento de métodos e ferramentas para a concepção e implementação de sistemas organizacionais que abrangem elementos, como arquitetura corporativa, estrutura organizacional, sistemas de informação e processos de negócios.

A EO disponibiliza formas de modelar e avaliar as dimensões de uma organização com as relações e dependências entre os processos de negócio e os

sistemas de suporte ao seu gerenciamento, que conduzem a preocupações relativas à integração e interoperabilidade de sistemas (HOOGERVORST, 2009).

Os tópicos principais que envolvem a engenharia organizacional são: (i) modelagem e integração; (ii) modelos de referência; (iii) processos de negócios; (iv) ontologias; (v) empresas virtuais; (vi) interoperabilidade; (vii) arquitetura organizacional (DESCHAMPS et al., 2013).

4.4.1 *Business Process Management* (BPM)

Um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que parte de um ou mais insumos, transforma-os e lhes agrega valor, criando um ou mais produtos (ou serviços) para os clientes. Um processo pode ser visto como uma cadeia de agregação de valores. Assim, pela sua contribuição para a criação ou entrega de um produto ou serviço, cada etapa de um processo deve acrescentar valor às etapas precedentes (RUMMLER e BRACHE, 1994). Processo é um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou um serviço que tem valor para um grupo específico de clientes (HAMMER e CHAMP, 1994). Também, segundo a Norma NBR ISO 9000-2000, processo é definido como um conjunto de atividades inter-relacionadas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas).

O Processo deve ser entendido como uma cooperação de atividades distintas para a realização de um objetivo global, orientado ao cliente final que lhes é comum. Um processo é repetido de maneira recorrente dentro da empresa (SALERNO, 1998).

Em qualquer tipo de empresa, o objetivo sempre é satisfazer as necessidades dos clientes e trazer lucros e dividendos aos proprietários e acionistas. Logo, o conjunto de atividades que a compõem deve ser entendido como processos de negócios, também designados processos organizacionais. Estes caracterizam-se como um grupo de atividades relacionadas que usam recursos humanos, informação e quaisquer outros recursos com o fim de agregar valor ao cliente. Os processos apresentam entradas e saídas, início e fim, tempo e lugar, constituindo-se na conexão entre clientes e a estrutura organizacional.

Portanto, o gerenciamento de processos de negócios é definido como o suporte ao processo de negócio, utilizando métodos, técnicas e *softwares* para

projetar, ativar, controlar e analisar processos operacionais envolvendo humanos, organizações, aplicações, documentos e outras fontes de informação (WESKE, 2007).

De acordo com GALBRAITH (1995), o gerenciamento por processos propicia mecanismos de coordenação lateral, incentivo ao aprendizado organizacional e complementa a formação hierárquica tradicional. Considerando que o foco está nos processos e não nas funções, provoca-se uma mudança na estrutura organizacional de vertical para horizontal, exigindo grandes mudanças na estrutura corporativa e na filosofia gerencial (DAFT, 1999).

A Figura 53 ilustra a proposição para o gerenciamento por processo.

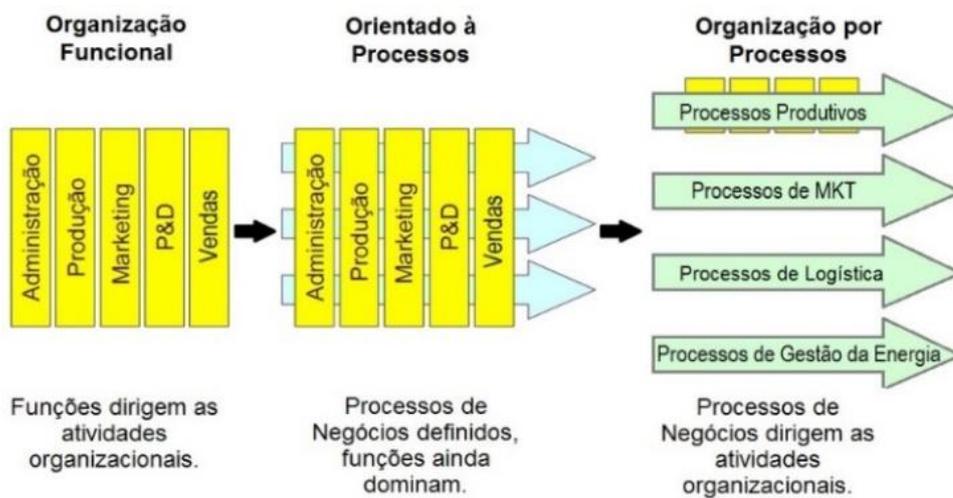


Figura 53 - Estruturas Organizacionais.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2018.

A utilização do BPM para tratar o SGE com uma visão de processo traz os seguintes benefícios: uma melhor compreensão e transparência das atividades realizadas; definição clara de papéis e responsabilidades que auxiliam na coordenação e tomada de decisão; habilita a colaboração e atendimento de requisitos de interoperabilidade; permite alinhamento do processo com a estratégia; apoia a mudança; facilita a automatização de processos; auxilia na avaliação do potencial organizacional para implantação do SGE.

4.4.1.1 O ciclo de vida BPM

O ciclo de vida BPM é representado em fases de desenvolvimento, sendo adotado neste trabalho o modelo estabelecido por ABPMP (2014), proposto na Figura 54. A representação apresenta, na primeira fase, o desenho (projeto), também

designado de concepção ou definição. A segunda fase refere-se à modelagem. A terceira fase é a execução. A quarta fase é o monitoramento e a quinta fase, a otimização.



Figura 54 - Ciclo de Vida BPM.
Fonte: ABPMP (2014), adaptado pelo autor (2018).

4.4.2 Processo de Negócio

Os processos são compostos por um conjunto de atividades exercidas por pessoas e/ou máquinas para atingir resultados independentemente de onde as atividades são executadas. Em um contexto de BPM, um processo de negócio pode atravessar fronteiras para entregar um produto. De tal modo, um desenho de processo deve considerar o trabalho em nível de processo e as atividades que são executadas em diferentes áreas funcionais e por várias pessoas. Assim sendo, “função” se refere a grupos de atividades e competências especializadas, relacionadas a objetivos ou tarefas particulares, sendo que áreas funcionais são representadas como departamentos com orientação vertical de comando e controle baseado na especialização (ABPMP, 2014).

A hierarquia dos processos pode ser estabelecida na seguinte disposição: macroprocesso, processo, sub-processo, atividade e tarefa. Sendo a tarefa a menor instância de trabalho de uma atividade.

Os processos podem ser considerados, conforme a ABPMP (2014), em três tipos principais: (i) processos primários, que são processos ponta a ponta e tipicamente de natureza interfuncional e compõem a cadeia que entrega valor

diretamente para o cliente; (ii) processos de suporte, que proveem suporte e habilitam outros processos, processo que entrega valores a outros processos e não diretamente para os clientes; (iii) processos de gerenciamento, que são utilizados para medir, monitorar e controlar atividades de negócio. Não agregam diretamente valor para os clientes, mas são necessários para assegurar que a organização atinja as suas metas.

Portanto, o processo de um SGE pode ser entendido como um processo de suporte à gestão global da organização. Ressalta-se que alguns seguimentos industriais (petróleo) também pode ser considerado como processo primário.

4.4.2.1 Desenho do Processo

O desenho do processo é a definição formal de objetivos e entregáveis e a organização das atividades e regras necessárias para se produzir um resultado desejado. O desenho do processo objetiva a definição e concepção do que a organização, de modo tangível e mensurável, irá realizar para alcançar seus objetivos através de um novo processo.

O desenho de um processo é uma atividade de identificação e mapeamento dos resultados aguardados para uma operação (CAPOTE, 2011).

Ao desenhar um novo processo, deve-se levar em consideração as seguintes melhores práticas: (i) focar em atividades que agregam valor; (ii) minimizar *handoffs* (qualquer ponto em um processo no qual o trabalho ou a informação passa de uma função para outra é um *handoff* nesse processo); (iii) combinar fluxos de trabalho semelhantes em um único fluxo de trabalho; (iv) assegurar fluxo contínuo para que nada interrompa ou retarde a cadeia de valor; (v) redesenhar o processo antes de considerar automação; (vi) garantir qualidade no início do processo para evitar gargalos, falhas e entregas ruins; (vii) padronizar os processos.

Atividades associadas ao desenho de processos incluem: (i) desenhar o processo com ferramentas de modelagem e outras ferramentas de apoio; (ii) definir as atividades para o novo processo; (iii) definir as regras para o novo processo; (iv) definir os *handoffs* entre funções; (v) definir as métricas; (vi) realizar comparações e *benchmarking*; (vii) realizar simulações e testes; (viii) criar um plano de implementação.

4.4.2.2 Modelagem do Processo

A Modelagem dos processos corresponde à segunda etapa do ciclo de vida do BPM, onde os diagramas do processo são analisados e os fluxos e passos são revisados. O modelo pode ser definido como uma representação da realidade, projetada para algum propósito definido (PIDD, 1998). A modelagem de processos de negócio é o conjunto de atividades envolvidas na criação de representações de processos de negócio existentes ou propostos. Os propósitos da modelagem são: (i) documentar um processo existente; (ii) utilizar como suporte de treinamento; (iii) avaliar padrões e conformidades; (iv) simular diferentes situações; (v) identificar oportunidades de melhoria (vi) desenhar um novo processo; (vii) facilitar comunicação e discussão; (viii) descrever requisitos para automação (ABPMP, 2014).

4.4.2.3 Business Process Model and Notation (BPMN)

Uma notação pode ser descrita como um sistema definido com padrões e regras de tal modo que seja possível registrar e expressar ideias de um determinado domínio do conhecimento.

Entre os vários tipos de notação para a modelagem de processos destacam-se: (i) BPMN (*Business Process Model and Notation*); (ii) EPC (*Event-driven Process Chain*); (iii) UML (*Unified Modeling Language*); (iv) IDEF (*Integrated Definition Language*); (v) *Value Stream Mapping*. A notação escolhida para este trabalho foi BPMN, que é a notação mais utilizada para a modelagem de processos de negócios.

O BPMN foi desenvolvido para facilitar o entendimento dos processos internos e externos das organizações, possibilitando a comunicação dos procedimentos envolvidos nos processos entre as organizações, utilizando uma notação padrão segundo BPMN/OMG (2017).

Os elementos que compõem a notação de modelagem de processos de negócios podem ser organizados em quatro categorias básicas: (a) Objetos de fluxo, compostos por eventos, atividades e filtros de decisão (*Gateways*); (b) Objetos de conexão, compostos por fluxo sequencial, fluxo de mensagens e associação; (c) Piscinas e Raias (*Swimlanes*); (d) Artefatos, compostos por objeto de dados, grupo e anotação. A Figura 55 apresenta somente os elementos da notação utilizados neste trabalho.



Figura 55 - Notação Utilizada na Modelagem de Processos.
Fonte: BIZAGI (2015), adaptado pelo autor (2018).

A seguir, encontra-se uma breve definição de cada elemento da notação utilizado:

- Filtro de decisão (*Gateway*) - Usado para dividir ou juntar fluxos de processos, permitindo o controle da sequência do fluxo do processo. Os marcadores utilizados no centro do elemento indicam diferentes tipos de comportamento. Nesse trabalho foi utilizado o *Gateway* Paralelo representando a divisão de um caminho em vários, e o *Gateway* Exclusivo onde, dada uma condicional, somente um caminho para o fluxo é escolhido.
- Objeto de dado - Fornece informações sobre quais atividades devem ser acionadas e/ou o que elas produzem.
- Atividade - É um trabalho realizado dentro de um processo da organização, pode ser classificada em atividades atômicas ou não-atômicas (compostas).
- Piscina (*Pool*) - Utilizada quando o diagrama envolve duas entidades de negócio ou participantes que estão separados fisicamente no diagrama, podendo ser utilizado para representar processos e organizações diferentes.

Raia (*Lane*) - Utilizada para separar as atividades associadas para uma função ou papel específico, representando assim atores e áreas da organização.

4.4.2.4 Business Process Management Systems/Suites (BPMS)

Ao conjunto de *softwares* que automatizam a gestão de processos de negócios (modelagem, execução, controle e monitoração), atribui-se o nome “soluções BPMS”. Tais ferramentas foram desenvolvidas por grandes corporações como IBM, Oracle e Lexmark, a fim de operacionalizar e automatizar o gerenciamento

do BPM. Entre as diversas soluções BPMS oferecidas por diferentes desenvolvedores, destacam-se: (i) *Appian v.7.11 (Appian)*; (ii) *AuraPortal Helium (AuraPortal)*; (iii) *Bizagi Studio 10.7 (Bizagi)*; (iv) *IBM Business Process Manager v.8.5.6 (IBM)*; (v) *Oracle Unified Business Process Management Suite 12c (Oracle)*; (vi) *Pega v.7.1.9 (Pegasystems)*; (vii) *Software AG Digital Business Platform BPMS v.9.9 (Software AG)*.

A Figura 56 apresenta o BPMS selecionado para a realização deste trabalho (*Bizagi Studio*), bem como seu ciclo de desenvolvimento, visto que é um *software* livre, de interface amigável e largamente utilizado pela comunidade BPM. Ressaltando que este artigo abrange apenas a etapa de modelagem dos processos utilizando a parte do *software* designada (*Bizagi Process Modeler*), estando previsto o desdobramento das demais fases em atividades futuras.

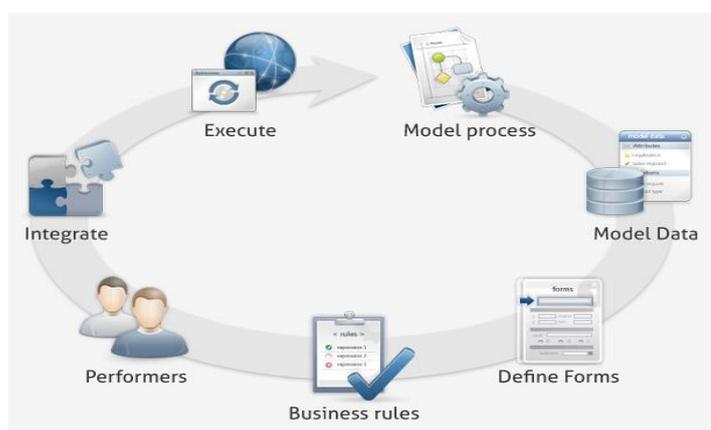


Figura 56 - Ciclo de Desenvolvimento do *Bizagi Studio*.
Fonte: BIZAGI, 2015.

4.5 INTEROPERABILIDADE

Esta seção apresenta as definições, os tipos e visões da interoperabilidade, os frameworks, formas de avaliação e problemas relacionados. São discutidas as visões de sistema de informações, tecnologia e uma abordagem recente mais relacionada com aplicações em processos e negócios.

Também são apresentados conceitos referentes às ferramentas de decisão multicritério, com um detalhamento do método AHP (*Analytical Hierarchy Process*), e da ferramenta de gerenciamento designada QFD (*Quality Function Deployment*).

4.5.1 Definições

O conceito de interoperabilidade está presente em diversas atividades cotidianas, podendo quase ser considerado como onipresente (GUÉDRIA, 2012). Trata-se de um termo relacionado a uma vasta gama de interpretações e aplicações. Assim, obter-se uma definição única e coesa para interoperabilidade pode não ser um empreendimento fácil. Por essa razão, a interoperabilidade ainda pode ser considerada um conceito vago, com muitas definições e conotações para diferentes aplicações em diferentes setores e domínios.

A aplicação do conceito de interoperabilidade, esteve relacionada, em seu início, quase que exclusivamente com relação a problemas de software.

Algumas definições trazem uma direção relacionada ao sistema de informação, tal e qual a definição mais difundida, atribuída à IEEE: “A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes em trocar informações e usar as informações que foram trocadas” (IEEE, 1990). A tendência em relatar a interoperabilidade a partir de uma visão tecnológica se deve à sua origem, oriunda da área da tecnologia da informação ou sistemas de informações.

Conforme PINGAUD (2009) a interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de sistemas, nativamente desconhecidos, interagirem entre eles de forma a estabelecer comportamentos coletivos harmoniosos e finalizantes, sem modificar em profundidade suas estruturas ou comportamentos individuais.

Recentemente, a interoperabilidade está assumindo um significado mais amplo para cobrir muitos outros espaços de conhecimento, dimensões e camadas, desde uma única empresa até empresas em redes colaborativas (CHEN et al., 2008).

O Quadro 9 abaixo apresenta uma relação de definições de interoperabilidade descritas na literatura científica.

Quadro 9 - Definições de Interoperabilidade

| DEFINIÇÃO DE INTEROPERABILIDADE | FONTE |
|--|---|
| "A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes em trocar informações e usar as informações que foram trocadas". | IEEE (1990) |
| "A capacidade de se comunicar, executar programas ou transferir dados entre várias unidades funcionais de uma maneira que requer que o utilizador tenha pouco ou nenhum conhecimento das características únicas de tais unidades". | ISO (1993) |
| "A capacidade de um sistema em se comunicar com sistemas de seus pares e acessar suas funcionalidade". | VERNADAT (1996) |
| "A capacidade de sistemas, unidades ou forças em prestar serviços e aceitar serviços de outros sistemas, unidades ou forças, e utilizar os serviços de modo trocado para capacitá-lo a operar eficazmente em conjunto". | LISI - Levels of Information Systems Interoperability (C4ISR, 1998) |
| "Interoperabilidade: (informática) a capacidade de trocar e usar informações (geralmente em uma grande rede heterogênea composta de várias redes locais)." | WordNet 2.1 |
| "Interoperabilidade é a capacidade de informação e comunicação de um sistema de tecnologia (ICT) e dos processos de negócio que suportam trocas de dados e permite a partilha de informação e conhecimento". | EIF - European Interoperability Framework (EIF, 2004) |
| "A capacidade de compartilhar informações entre parceiros de negócios, entender e processar dados trocados e integrá-los perfeitamente em sistemas internos de TI com o objetivo de criar valor". | LEGNER & WENDE (2006) |
| "(1) A capacidade de compartilhar informações e serviços. (2) A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes em trocar e usar informações. (3) A capacidade dos sistemas em fornecer e receber serviços de outros sistemas e de usar os serviços, de modos trocados que lhes permitam operar eficazmente em conjunto". | TOGAF - The Open Group Architecture Framework (Open Group, 2009) |
| "Capacidade das empresas e entidades dessas empresas para comunicar e interagir eficazmente". | ISO 11354-1 (2011) |
| "Capacidade de um sistema de trabalhar ou usar as peças ou equipamentos de outro sistema". | Merriam Webster Dictionary (2018) |
| "Interoperabilidade é a capacidade de se operar em conjunto". | Dicionário Oxford |

Fonte: O autor, 2018.

A variação dos conceitos apresentados no Quadro 9 justifica-se pelo acréscimo de assuntos que passaram a contemplar a interoperabilidade e por novas preocupações no contexto do desenvolvimento e modernização que envolvem as organizações.

A ISO 11354 (2011) destaca a importância da interoperabilidade não somente como uma vantagem e qualidade reconhecida de uma empresa para obter competitividade no mercado atual, mas sim de uma questão da sua própria sobrevivência.

A interoperabilidade, conforme CHARALABIDIS et al. (2010), constitui-se de um aspecto dos mais importantes para a organização e seus sistemas de informação, quando relacionada com seus processos e dados. Havendo uma colaboração

automatizada de processos e sistemas entre empresas, resulta em acréscimo acentuado na produtividade para as mesmas.

O EIF (2010) define interoperabilidade como a “capacidade de organizações díspares e diversas interagirem com vista mutuamente benéfica e objetivos comuns, envolvendo o compartilhamento de informações e conhecimentos entre as organizações, através de processos de negócio que suportam, por meio do intercâmbio de dados dos respectivos sistemas de tecnologia, TIC”. Já para o EIF (2004), a interoperabilidade pode ser definida como um conjunto de normas e diretrizes que descrevem a maneira pela qual as organizações acordaram, ou deveriam concordar, para interagir umas com as outras.

A Interoperabilidade Organizacional (IO), conforme CHALMETA (2010), é a capacidade de uma organização interagir e trocar informações entre si e com organizações externas (parceiros, fornecedores, clientes, cidadãos), constituindo-se em uma questão decisiva em aspectos econômicos. A interoperabilidade do ponto de vista de negócios, conforme CHARALABIDIS et al (2008) pode satisfazer: (1) Os objetivos de negócios - estes podem entrar em novos mercados, buscando o aumento da lucratividade ou simplesmente para sobreviver. (2) A capacidade de se envolver em colaboração perfeita com outras empresas, tanto no nível de negócio quanto o técnico.

A seguir, uma série de esclarecimentos sobre o uso da interoperabilidade será apresentada, discutindo sua relação com palavras ou termos relacionados :

- Interoperabilidade - Visão de *Software*:

Em uma visão de *software*, a interoperabilidade diz respeito à capacidade de dois *softwares* que operam em paralelo (regime de cooperação) funcionarem juntos sem um esforço de interface específico, isto é, de estabelecerem comunicação e compartilharem informações e serviços independentemente da plataforma de *hardware*.

Pode-se dizer que nesta visão, a interoperabilidade descreve se dois *softwares* desenvolvidos com diferentes ferramentas e por diferentes fornecedores podem funcionar juntos.

- Interoperabilidade vs. Portabilidade:

O conceito de interoperabilidade está intimamente relacionado ao conceito de portabilidade. Portabilidade pode ser definida como:

- i. A facilidade com que um sistema, componente, área, dados ou usuário pode ser transferido de um ambiente de *hardware* ou *software* para outro;
- ii. Uma métrica de qualidade que pode ser usada para medir o esforço para transportar ou converter o software para uso em outro ambiente.

Em outras palavras, a portabilidade se refere à habilidade de sistemas ou dados serem transportados (movidos), enquanto a interoperabilidade diz respeito à habilidade de *softwares* ou sistemas entenderem e utilizarem a informação proveniente de outros *softwares* e sistemas.

- Interoperabilidade vs. Intercambialidade:

A interoperabilidade não pode ser confundida com a intercambialidade.

Intercambiável: Substituir um sistema ou componente de forma a fornecer um mesmo serviço com comportamentos equivalentes;

Interoperável: Simples habilidade de trocar serviços sem a necessidade da obtenção dos mesmos comportamentos.

- Interoperabilidade - Visão de Sistemas:

Na visão de sistemas, a interoperabilidade está relacionada ao conceito de reversibilidade, ou seja:

“Mesmo se a implementação da interoperabilidade entre parceiros levar à adaptação ou modificação dos sistemas, tais sistemas devem ser capazes de retornar aos seus estados iniciais ao término da operação” (LOURES, 2018).

- Interoperabilidade e Compatibilidade:

Se dois sistemas são compatíveis, é possível fazê-los funcionar sem inserção de elementos complementares, ou seja, sem esforços de interfaceamento. Dois sistemas interoperáveis são necessariamente compatíveis, mas não necessariamente ao contrário.

- Interoperabilidade e Autonomia:

A noção de autonomia é presente no Projeto INTEROP “os parceiros em uma colaboração podem trocar serviços, mantendo cada um sua lógica de funcionamento”; na conceituação de *Systems of Systems* “Um dado sistema deve operar de maneira autônoma e ao mesmo tempo continuar o funcionamento das capacidades funcionais requisitadas pelo system of system” (LOURES, 2018).

- Interoperabilidade vs. Integração:

A interoperabilidade não pode ser confundida com integração, uma vez que são conceitos diametralmente opostos. O Quadro 10 mostra as diferenças que se estabelecem entre os conceitos de Integração e interoperabilidade.

Quadro 10 - Diferenças entre os Conceitos de Integração e Interoperabilidade

| Integração | Interoperabilidade |
|---|--|
| Consistência entre objetivos locais e globais | Não busca a consistência |
| Fortemente acoplado Duas partes são interdependentes | Fracamente acoplado Duas partes são independentes |
| Diminuir as diferenças (linguagem, métodos, ferramentas, etc.) | Identidade e diversidade são preservadas |
| Intraorganizacional (fusão, reestruturação, etc.) | Interorganizacional (Empresa conectada à rede) |

Fonte: O Autor, 2018.

- Interoperabilidade vs. Colaboração:

A interoperabilidade se distingue da colaboração, uma vez que não possui uma missão ou objetivo direto relacionado ao negócio e também não soluciona diretamente quaisquer problemas de negócio:

- Duas empresas que interoperam entre si podem não ter qualquer projeto de colaboração;
- Duas empresas que colaboram entre si podem ter sérios problemas de interoperabilidade.

4.5.2 Tipos de Interoperabilidade

A interoperabilidade pode ser estabelecida conforme CHEN (2006), LEVINE et al. (2003), em quatro tipos: a técnica, a sintática, a semântica e a organizacional. A interoperabilidade técnica é realizada entre sistemas eletrônicos de comunicação, preferencialmente quando os serviços ou informações podem ser trocados direta e

satisfatoriamente entre seus usuários. Está associada com *hardware/software*, sistemas e plataformas que permitem a comunicação máquina-a-máquina, protocolos de comunicação, etc. A interoperabilidade sintática é definida como a capacidade de troca e compartilhamento de dados, sendo geralmente associada aos formatos dos dados. As mensagens transferidas por protocolos de comunicação devem possuir uma sintaxe e uma codificação bem definida (VAN DER VEER e WILES, 2008).

A interoperabilidade semântica é definida como a capacidade de operar sobre os dados de acordo com o seu entendimento comum ou sua semântica (LEWIS e METCALF, 2006). Esta interoperabilidade é normalmente relacionada com a definição de conteúdo e sua semântica, preocupando-se com o entendimento do ser humano para que, uma máquina desprovida de tal entendimento, possa incorporar uma camada semântica para auxílio na interpretação de conteúdo. Neste sentido, deve haver um entendimento comum para a definição do conteúdo (informações) e conhecimento que estão sendo trocados e compartilhados (HALL e KOUKOULAS, 2008) (VAN DER VEER e WILES, 2008).

A interoperabilidade organizacional é a capacidade de identificar os atores e processos organizacionais envolvidos na prestação de um serviço específico e chegar a um acordo entre eles, assim como nos procedimentos sobre como estruturar sua interação. Da mesma forma, representa a definição de "interfaces de negócios" e foco nos papéis dos atores e entidades que interagem com os sistemas de informação (YAHIA, 2010). A Interoperabilidade Organizacional também está relacionada à capacidade das organizações em comunicar-se de forma eficaz e transferir dados significativos (informação), considerando a heterogeneidade de sistemas de informação, de diferentes tipos de infraestrutura, orientações regulamentares, estratégicas e da influência geográfica e cultural. A IO está relacionada com um bom desempenho das interoperabilidade técnica, sintática, e semântica sugerindo uma avaliação conjunta destas perspectivas para uma adequada percepção das perspectivas de desempenho organizacional (VAN DER VEER e WILES, 2008).

4.5.2.1 Interoperabilidade Organizacional

A IO é a capacidade das empresas interagirem e trocarem informações entre si e com organizações externas (parceiros, fornecedores, clientes, cidadão), constituindo-se em uma questão-chave em aspectos econômicos. Também pode ser

definida como a capacidade de um sistema em se comunicar com sistemas de seus pares e acessar suas funcionalidades (VERNADAT, 1996).

A Interoperabilidade Organizacional-IO (*Enterprise Interoperability – EI*) na perspectiva de negócios, como forma de adaptação a um contexto de competitividade e globalização, segundo CHARALABIDIS *et al.* (2008) permite, entre outros aspectos: (i) Gerir a mudança rápida e inovação em colaboração intra-organizacional e interorganizacional; (ii) adaptar à globalização e garantir o desenvolvimento rentável por meio de parcerias; (iii) reduzir a integração do sistema e os custos de interoperabilidade; (iv) adotar novos modelos de negócios para a colaboração através da utilização da tecnologia de informação e comunicação (TIC).

A interoperabilidade organizacional analisa o ordenamento das arquiteturas de informação com os objetivos organizacionais e auxilia na cooperação dos processos de negócio.

Conforme ilustrado na Figura 57, a IO aborda três principais tópicos:

- Preocupações da Interoperabilidade;
- Barreiras de Interoperabilidade;
- Abordagem da Interoperabilidade.

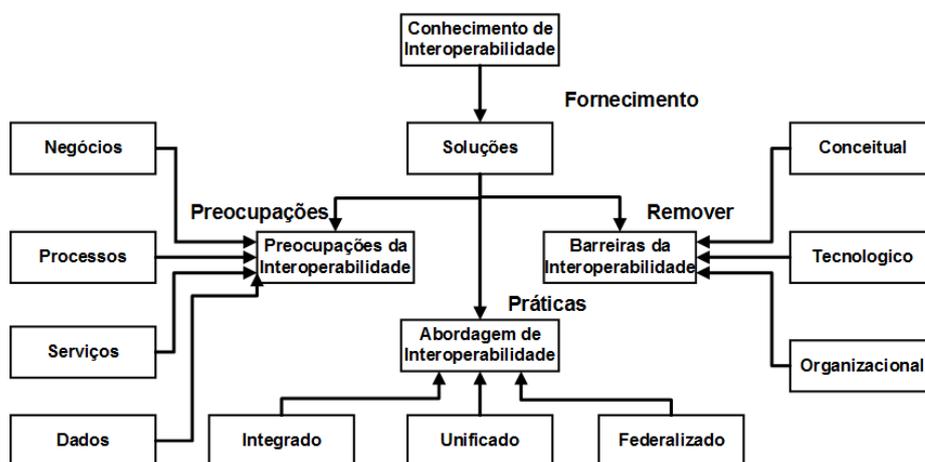


Figura 57 - Visão Geral dos Conceitos de IO.

Fonte: CHEN & SHORTER (2008), adaptado pelo autor (2018).

4.5.3 Preocupações da Interoperabilidade

As preocupações da interoperabilidade dizem respeito ao setor de uma empresa que está envolvido na interoperação, sendo representadas na figura 58.

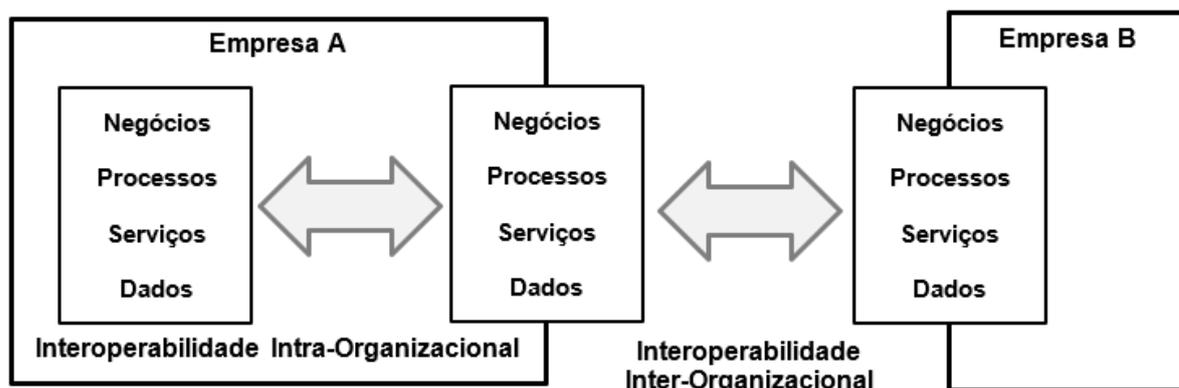


Figura 58 - Preocupações da Interoperabilidade.
 Fonte: CHEN (2008), adaptado pelo autor (2018).

A interoperabilidade é apresentada na forma de preocupações, que podem ocorrer nos vários níveis da empresa, conforme apresentado a seguir.

4.5.3.1 Interoperabilidade: *Business*

A interoperabilidade *Business* (Negócio) deve ser vista como a capacidade organizacional e operacional de uma organização de cooperar com outras organizações externas, ou de áreas internas de uma organização cooperarem com outras áreas.

Refere-se ao trabalho de forma harmonizada ao nível da organização, apesar dos diferentes modos de tomada de decisão, métodos de trabalho, legislações, cultura da empresa e abordagens comerciais compartilhadas entre organizações ou entre áreas da organização.

A interoperabilidade de negócios está relacionada à maneira como os negócios são compreendidos e compartilhados entre os parceiros de interoperação. A interoperabilidade de negócios explora a interoperabilidade de uma perspectiva de negócios e identifica os artefatos fundamentais relacionados a problemas de negócios. Estas questões abrangem desde a visão e cultura de negócios até o suporte à infraestrutura de TIC, assim como a compatibilidade entre diferentes estruturas organizacionais, métodos de trabalho, sistemas e regras contábeis, legislação trabalhista etc.

4.5.3.2 Interoperabilidade: *Processes*

A interoperabilidade *Process* (processos) objetiva fazer com que vários processos de negócios trabalhem juntos. Um processo define a sequência de atividades de acordo com algumas necessidades específicas de uma organização. No caso de redes de empresas, também é necessário estudar como conectar processos internos das duas organizações, ou de duas áreas de uma organização, para criar um processo interorganizacional, ou intra-organizacional no caso de duas áreas internas de uma organização.

A interoperabilidade de processos significa vincular diferentes descrições de processos (sejam documentos ou suportados por *software*) para formar processos colaborativos e executar verificação, simulação e execução.

As barreiras que impedem a interoperabilidade do processo são normalmente diferenças semânticas e sintáticas usadas em diferentes linguagens de modelagem de processos e mecanismos, plataformas incompatíveis de execução de processos, diferentes mecanismos de organização de processos, configurações e gerenciamento.

4.5.3.3 Interoperabilidade: *Service*

A interoperabilidade *Service* (serviços) preocupa-se com a identificação, composição e execução de vários serviços/aplicações (concebidas e implementadas de forma independente), resolvendo as diferenças sintáticas e semânticas, bem como encontrando as conexões com as várias bases de dados heterogêneas. O termo "serviço" não se limita aos aplicativos baseados em computador, pois inclui também funções de empresas e redes de empresas.

A interoperabilidade de serviços lida com a capacidade de trocar serviços entre parceiros. A interoperabilidade de serviços tem dois problemas principais: troca de serviços entre um solicitante de serviços e um provedor de serviços; interconexão entre diferentes serviços para formar um serviço complexo.

As barreiras relacionadas à interoperabilidade de serviços estão relacionadas à descrição (dos aspectos de sintaxe e semântica) dos serviços necessários e fornecidos, dos mecanismos de pesquisa e descoberta de um provedor de serviços

distribuídos, dos suportes de TIC para descoberta de serviços, composição e problemas organizacionais relacionando a gestão da troca de serviços.

4.5.3.4 Interoperabilidade: *Data*

A interoperabilidade *Data* (dados) refere-se a operar em conjunto diferentes modelos de dados e o uso das diferentes linguagens de consulta. Além disso, os seus conteúdos são organizados de acordo com esquemas conceptuais que estão relacionados com aplicações particulares.

A interoperabilidade dos dados preocupa-se em encontrar e compartilhar informações provenientes de bancos de dados heterogêneos e que, além disso, podem residir em diferentes máquinas com diferentes sistemas operacionais e sistemas de gerenciamento de bancos de dados. Ela se preocupa com a capacidade de trocar dados não-eletrônicos (documentos) e dados transportáveis por máquina (arquivos de dados, dados armazenados em um banco de dados) e usar os dados/informações trocados.

A interoperação de dados pode ocorrer quando duas empresas simplesmente trocam dois arquivos de dados; ou no caso de interoperabilidade de processos ou interoperabilidade de serviços.

Barreiras típicas impedem que a interoperabilidade de dados seja, por exemplo, conceitual com semântica e sintaxe diferentes para representar informação, mas também tecnológica (tecnologias de banco de dados e técnicas de codificação diferentes) e organizacionais (gerenciamento de banco de dados, política de segurança, etc.).

4.5.4 Barreiras da Interoperabilidade

Existem três tipos de barreiras à interoperabilidade:

- Barreiras conceituais: estão principalmente relacionadas às incompatibilidades sintáticas e semânticas das informações a serem trocadas ou a serem usadas durante uma interoperação. Esses problemas dizem respeito à modelagem no alto nível de abstração, bem como no nível da programação. Diferenças sintáticas podem ser encontradas sempre que diferentes estruturas são usadas para representar informação e conhecimento. A incompatibilidade sintática pode ser encontrada sempre que pessoas ou sistemas diferentes usam estruturas diferentes para

representar informação e conhecimento. E na incompatibilidade semântica, a informação e o conhecimento representados na maioria dos modelos ou *softwares* não têm semântica claramente definida para permitir uma compreensão inequívoca do significado da informação;

- Barreiras *Technological* (tecnológicas): estas barreiras referem-se ao uso de computador ou TIC para comunicar e trocar informações (por exemplo, arquitetura e plataformas, infraestrutura, etc.). Esses problemas dizem respeito aos padrões para apresentar, armazenar, trocar, processar e comunicar os dados através do uso de computadores.

- Barreiras Organizacionais: estão relacionados à definição de responsabilidades e autoridades para que a interoperabilidade possa ocorrer em boas condições. A responsabilidade precisa ser definida para se delegar tarefas (processo, dados, *software*, etc.). Se a responsabilidade em uma empresa não for clara e explicitamente definida, a interoperação entre dois sistemas será obstruída. Autoridade é um conceito organizacional que define quem está autorizado a fazer o quê.

Alguns exemplos de barreiras à interoperabilidade relacionadas às preocupações da interoperabilidade apresentadas anteriormente estão dispostos no Quadro 11:

Quadro 11 - Exemplos de Barreiras à Interoperabilidade.

| | | Barreiras | | |
|--------------|----------|--|--|--|
| | | Conceitual | Tecnológica | Organizacional |
| Preocupações | Negócio | Visões organizacionais, estratégias corporativas, missão, estrutura organizacional, modelo de negócio e cultura. Diferenças nos objetivos e pontos de vista das respectivas áreas internas da empresa ou entre empresas. Sintaxe de negócios (formato, modelo ou modelo usado para descrever negócios corporativos). Semântica de negócios (significado de termos usados para expressar problemas de negócios). | A infraestrutura organizacional. O grau de informatização (dados, serviços e processos automatizados em TI). A capacidade da TI para suportar os requisitos do negócio. | Métodos de trabalho, regras de negócio, requisitos legislativos. Estrutura da organização. |
| | Processo | Modelo de processos, operações e geração de informações. Conteúdo e cobertura do processo. Sintaxe do processo (descrição, gramática da linguagem e representação gráfica). Semântica de processo, (significado dos processos). | Sistemas de gerenciamento de processos de negócios. Fluxo de trabalho (<i>workflow</i>). Comportamento do processo (ordem das operações nos processos computadorizados). | Gerenciamento de processos, procedimentos, diretrizes. Comportamento do processo de negócios (ordem de operação nos processos de negócios). |
| | Serviço | Modelos e descrições de serviços. Conteúdo e cobertura do serviço. Sintaxe de serviço (sintaxe de linguagem/formalismo usada para descrever os serviços). Semântica de serviço (significado das descrições de serviços). | Arquitetura de serviços, ferramentas e aplicativos, interfaces. Granularidade de serviço (definições do que constitui os serviços, problemas de interface). | Gerenciamento de serviços e aplicativos, regras, autoridade, responsabilidade. Controle de recursos. |
| | Dados | Modelos de dados, conteúdo e segurança de dados. Representação e sintaxe de dados (formato e estrutura de dados heterogêneos). Semântica de dados (significado e desentendimentos de dados). Suporte e estrutura de TIC. Troca de informações entre áreas internas da empresa ou entre empresas. | Armazenamento de dados, formato, protocolo e troca de dispositivos. Compartilhar informações. Banco de dados. | Gerenciamento de dados, regras, responsabilidade, propriedade da informação. |

Fonte: GUÉDRIA (2012), adaptado pelo autor (2018).

Com respeito às barreiras à interoperabilidade anteriormente listadas, é oportuno aqui relacionar o problema de pesquisa deste estudo, estabelecido na forma de barreiras organizacionais. Portanto há necessidade de definição de um espaço-problema (EP) no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva, identificando os aspectos de interoperabilidade envolvidos. Também é interesse no domínio da GE avaliar quais barreiras impedem maiores níveis de interoperabilidade.

Tal caracterização serve como apoio para a definição do espaço-solução (ES) e dos requisitos e atributos da interoperabilidade, caracterizados no EP, conforme ilustrado na Figura 59.

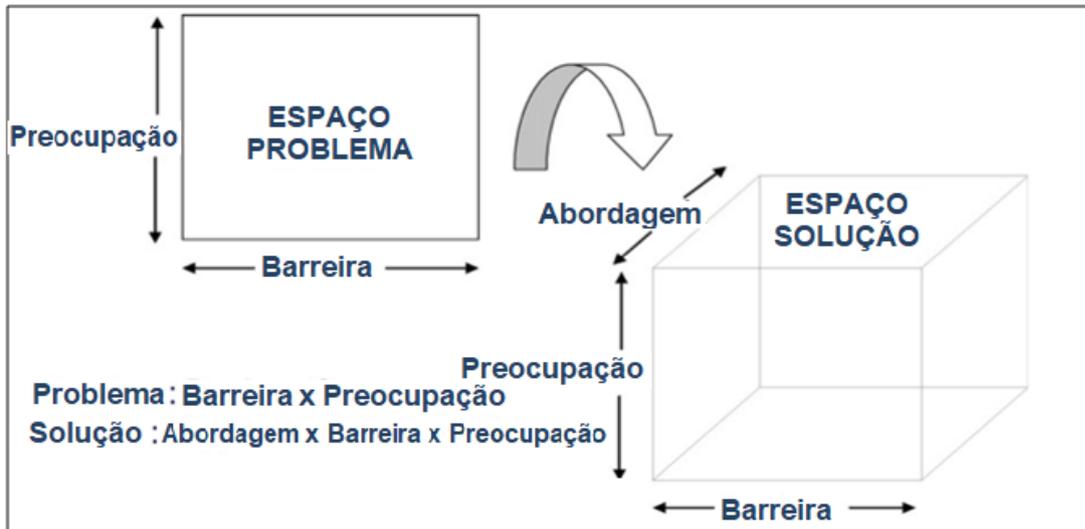


Figura 59 - Barreiras que Impedem um Nível Maior de Interoperabilidade.
Fonte: CHEN (2008), adaptado pelo Autor (2018).

4.5.5 Frameworks da Interoperabilidade

Na literatura científica destacam-se os seguintes frameworks de interoperabilidade: (i) LISI - *Levels of Information Systems Interoperability*; (ii) EIF - *European Interoperability Framework*; (iii) AIF - *Athena (Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application) Interoperability Framework*; (iv) IDEAS - *Interoperability Developments for Enterprise Application and Software*; (v) INTEROP NoE - *Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software - Network of Excellence*. Na sequência serão apresentados os conceitos e aplicações destes referenciais.

4.5.5.1 *Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*

O framework LISI, inicialmente estabelecido no desenvolvimento da interoperabilidade na área militar nos EUA, é considerado como ponto de referência para qualificação de níveis de informações nos sistemas de interoperabilidade. Segundo CHEN et al. (2008), seu objetivo é a criação de um modelo de processo para determinação das necessidades de interoperabilidade, como por exemplo: avaliar a

capacidade dos sistemas de informação na satisfação de suas necessidades, selecionar soluções pragmáticas e promover a transição para alcançar estados mais elevados de capacidade e interoperabilidade.

O LISI é considerado um dos fundamentos na definição de atributos para a interoperabilidade. São classificados quatro atributos unificados: (i) atributo de 'procedimento', que abrange inúmeras formas de controles operacionais e orientação documentada que influenciam todos os aspectos de integração de sistemas, desenvolvimento e a funcionalidade operacional; o atributo de 'procedimento' aborda a orientação de arquitetura e padrões, políticas e procedimentos e doutrina que permitem a troca de informações entre os sistemas; (ii) atributo de 'aplicação' contempla a missão do sistema, que é o objetivo fundamental da construção do sistema e requisitos funcionais do sistema; este atributo indica e permite aplicações de processamento, intercâmbio e manipulação; (iii) atributo de 'infraestrutura', que visa o estabelecimento, utilização e ligação entre as aplicações que são suportadas pelos sistemas; este atributo inclui ambientes propícios à interação com o sistema, redes e *hardware*; (iv) atributo de 'dados', focando em processos de informação do sistema, e contém tanto o formato de dados (sintaxe) e seu conteúdo ou significado (semântica); este atributo abrange protocolos e formatos, permitindo a troca de informações e intercâmbios de dados. A Figura 60 apresenta o modelo de referência para esta metodologia, exaltando o paradigma PAID (*Procedures, Applications, Infrastructure, Data*).

| Computing Environment Level | | | P | A | I | D |
|-----------------------------|--------------|-------|------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|
| Description | Environment | Level | | | | |
| Enterprise | Universal | 4 | Enterprise Level | Interactive | Multi-Dimensional Topologies | Enterprise Model |
| Domain | Integrated | 3 | Domain Level | Groupware | World-wide Networks | Domain Model |
| Functional | Distributed | 2 | Program Level | Desktop Automator | Local Networks | Program Model |
| Connected | Peer-to-Peer | 1 | Local/Site Level | Standard System Drivers | Simple Connection | Local |
| Isolated | Manual | 0 | Access Control | N/A | Independent | Private |

Figura 60 - Framework LISI
Fonte: CHEN et al. (2008).

O LISI (Figura 60), através do PAID apresenta a prescrição de capacidade e atributos que cada nível deve cobrir. Segundo VERNADAT (2009), o nível 'zero' compreende sistemas isolados onde se observa a extração e integração manuais de dados. O nível 1 representa sistemas conectados em um ambiente de rede. No nível 2, manifesta-se o caráter funcional em um ambiente distribuído. No nível 3, o domínio é fundamentado em um ambiente integrado. Finalmente, no nível 4, a empresa é baseada em um ambiente universal, onde o conceito de interoperabilidade é mais presente. O modelo de referência LISI também pode fornecer vocabulário comum e estrutura necessária para discutir a interoperabilidade entre os sistemas de TI. Para CHEN et al. (2008), em cada nível, destaca-se o mais importante aspecto necessário para atingir esse nível, sendo cada atributo representativo na definição e qualificação de tal posicionamento de interoperabilidade.

4.5.5.2 EIF

O framework EIF, CHEN et al. (2008) o definem como um conjunto abrangente de políticas, normas e diretrizes que descrevem a maneira pela qual as organizações fazem acordos para efetivar negócios com sua rede de relacionamento. Fornece um conjunto de recomendações e especificações para conectar sistemas, que também podem ser usados para serviços *eGovernment*, para que as administrações públicas, empresas e cidadãos possam interagir além das fronteiras, em um contexto pan-europeu (GUÉDRIA, 2012). O EIF considera a interoperabilidade segundo as perspectivas organizacionais (estratégia), semântica (gestão de conhecimento colaborativo) e aspectos técnicos da interoperabilidade. O EIF, com base nestas perspectivas, identifica três níveis para a interoperabilidade conforme ilustrado na figura 17. O EIF 2 inclui as perspectivas legal e política.

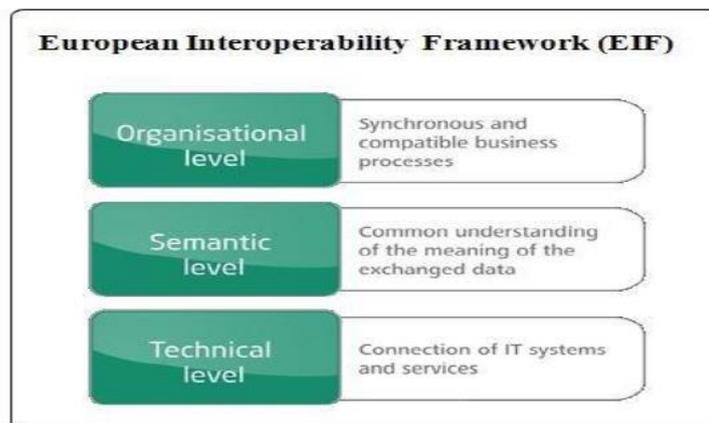


Figura 61 - Framework EIF
Fonte: GUÉDRIA, 2012.

O *European Interoperability Framework* (EIF), conforme VERNADAT (2009), discute que há três dimensões essenciais da interoperabilidade: (i) aspectos 'técnicos', que além de fornecer as bases técnicas para sistemas de interoperabilidade, facilitam a comunicação e intercâmbio em termos de protocolo, troca de dados e de mensagens entre sistemas de aplicação; (ii) aspectos 'semânticos', definidos como a capacidade de agregar partes, ou sincronizar dados e informações através de sistemas de informação heterogêneos; (iii) aspectos 'organizacionais', como a capacidade das organizações em alinhar e coordenar os processos de negócios, trazendo recursos de colaboração para que ocorra a troca de informações em diferentes estruturas e processos internos.

4.5.5.3 AIF – Athena

No *framework* AIF, VERNADAT (2009) afirma que a interoperabilidade, segundo a ótica do projeto ATHENA, proporciona um quadro composto de referência associada à arquitetura, com o objetivo de capturar elementos de pesquisa e soluções para os problemas de interoperabilidade de uma forma holística, inter-relacionando informações relevantes em diferentes perspectivas da empresa.

Na figura 62 é possível identificar três níveis de integração:

- Integração conceitual: identificando conceitos, modelos, metamodelos, linguagens e relacionamentos necessários para desenvolver a interoperabilidade;

- Integração aplicável: metodologias, padrões e modelos de domínio. Ele fornece diretrizes, princípios e padrões que podem ser usados para resolver problemas de interoperabilidade;
- Integração técnica: desenvolvimento técnico e ambientes de TIC (incluindo ferramentas e plataformas).

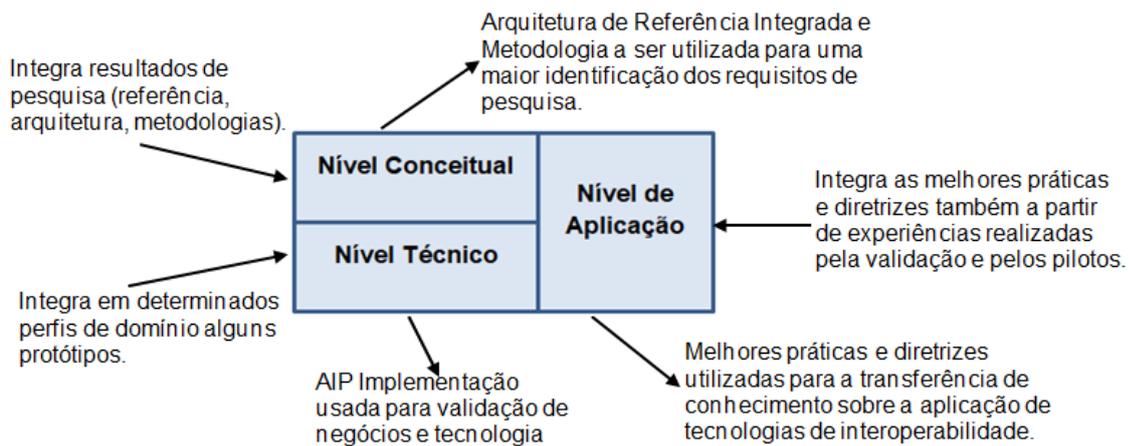


Figura 62 - *Framework* ATHENA
Fonte: VERNADAT, 2009.

O quadro mostra que as interoperações podem ocorrer nos vários níveis:

- **Nível empresarial/empresarial:** capacidade organizacional e operacional de uma empresa para cooperar com outras organizações externas, apesar das diferentes práticas de trabalho, legislações, culturas e abordagens comerciais.
- **Interoperabilidade de processos:** visa fazer com que vários processos trabalhem juntos. Conectando processos internos de duas empresas para criar o processo de negócios entre organizações.
- **Interoperabilidade dos serviços:** identificando, compondo e executando várias aplicações (projetadas e implementadas independentemente).
- **Interoperabilidade de informação/dados:** relacionada com a gestão, troca e processamento de diferentes documentos, mensagens e/ou estruturas por diferentes entidades colaboradoras.

4.5.5.4 IDEAS

A interoperabilidade, segundo o *framework* IDEAS, foi desenvolvida para valorizar empresas e sistemas, através da qualidade dos atributos dos sistemas de

informações. Para CHEN et al. (2008), a intenção dessa arquitetura é a de refletir o ponto de vista da interoperabilidade que é alcançada em vários níveis: (i) coordenação de empresas; (ii) integração de processos de negócios; (iii) semântica de integração de aplicativos; (iv) integração de aplicações sintáticas; (v) integração física.

Conforme CHEN e DOUMEINGTS (2003), este modelo é dividido nos seguintes níveis: (i) 'negócios' - modelo de decisão, modelo de negócios e processos do negócio; (ii) 'conhecimento' - papel da organização, habilidades e competências e conhecimento ativo; (iii) 'sistema ICT *Information Communication and Tecnology*' - soluções gerenciais, local de interação, lógica do processo e da aplicação. Estes três níveis estão relacionados através de uma interface comum semântica conforme Figura 63.

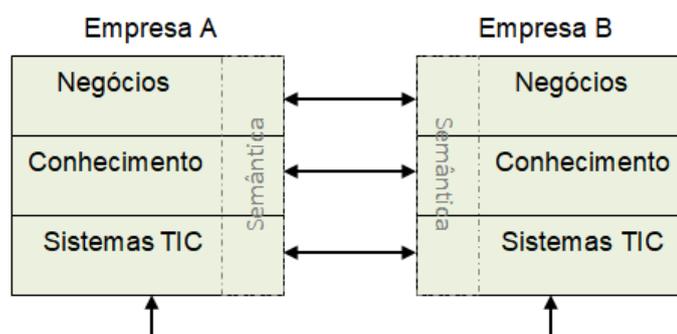


Figura 63 - IDEAS Framework.
Fonte: CHEN e DOUMEINGTS, 2003.

O nível de 'negócios' preocupa-se com todas as questões relacionadas com a organização e gestão de uma empresa, a forma como uma empresa é organizada, como ela funciona para gerar valor, o modo como gere as suas relações, etc. Ele inclui o modelo de decisão, o modelo de negócio e processos de negócios. O nível de 'conhecimento' está preocupado com a aquisição, estruturação e representação do conhecimento coletivo e pessoal de uma empresa. Engloba o conhecimento de aspectos internos, tais como produtos, a forma como o governo opera e controla e como o pessoal é gerenciado. Ele também abrange aspectos externos como parceiros e fornecedores, leis e regulamentos, obrigações legais e as relações com as instituições públicas. Pode ser visto como a compatibilidade das qualificações, competências e ativos de conhecimento de uma empresa com as de outras empresas. O 'TIC' preocupa-se com soluções que fornecem interoperabilidade entre recursos da

empresa (*software*, máquinas e seres humanos), o que permite a empresa operar, tomar decisões, trocar informações dentro e fora de suas fronteiras.

4.5.5.5 INTEROP NoE

O INTEROP NoE é uma estrutura de interoperabilidade que tem o objetivo de definir, identificar e estruturar o conhecimento e soluções de domínio na interação de sistemas. Este *framework*, para IO, considera duas dimensões: (i) a dos níveis organizacionais como o de negócios, processos, serviços dados; (ii) das barreiras como a conceitual, tecnológica e organizacional. A interseção de uma categoria de nível (linha) e uma categoria de barreira (coluna) constitui um subdomínio de espaço-problema (EP), onde uma solução específica (métodos, ferramentas) pode ser desenvolvida. Para CHEN e DACLIN (2005), este *framework* define o conjunto de domínio e subdomínio da empresa e pode ser usado para conhecer a estrutura de interoperabilidade. Este conhecimento é considerado relevante para a interoperabilidade se contribuir para remover pelo menos uma barreira a um dado nível.

4.5.6 Avaliação da Interoperabilidade Organizacional (AIO)

A avaliação da interoperabilidade organizacional (AIO) oferece condições para que as empresas identifiquem seus pontos fortes e fracos e adotem ações com prioridade na obtenção de uma melhor interoperabilidade. As relações existentes entre empresas, considerando as formas de avaliações de interoperabilidade potencial, compatibilidade e desempenho, estão representadas na Figura 64. Conforme CHEN e DOUMEINGTS (2008), (i) na avaliação de interoperabilidade potencial, agrupam-se modelos de nivelamento ou maturidade; (ii) na avaliação de compatibilidade relacionam-se métodos de avaliação comparativa através de atributos, apoiando-se ou não em bases matriciais; (iii) na avaliação de desempenho, considerando os sistemas em interoperação, os métodos de avaliação quantitativos são os mais relacionados na literatura.

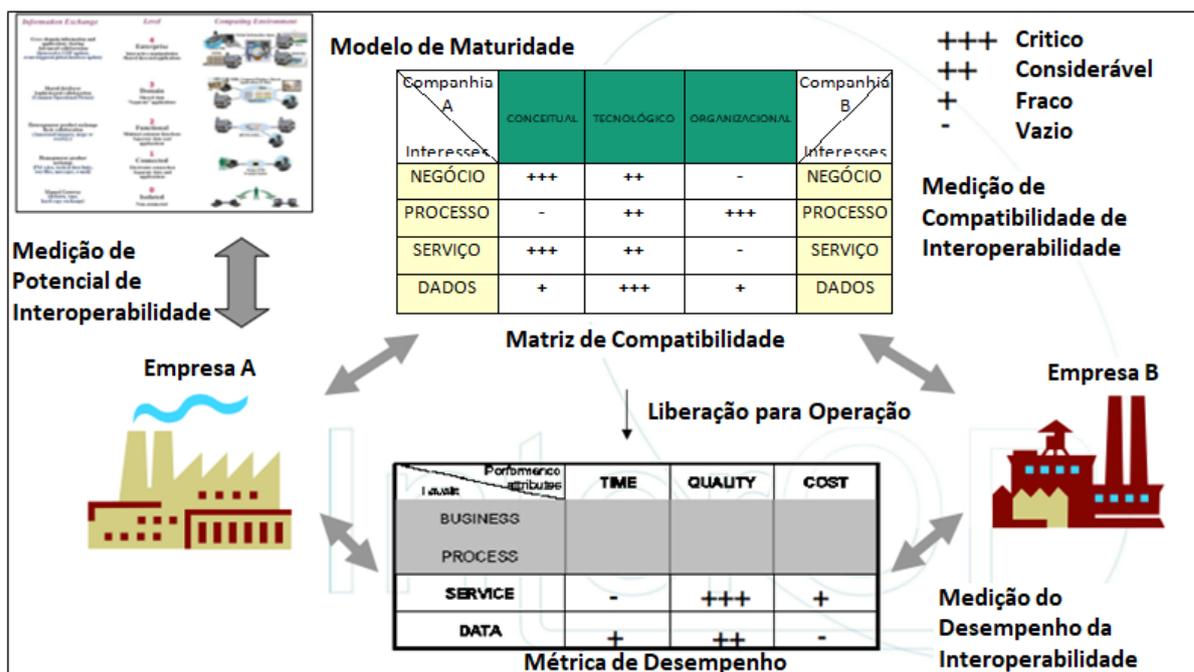


Figura 64 - Métodos de Avaliação Quantitativa da Interoperabilidade.
 Fonte: CHEN e DOUMEINGTS (2008).

A avaliação da interoperabilidade organizacional basicamente pode ser medida de duas formas: (i) 'a priori', onde a medida está afeta ao potencial de um sistema para ser interoperável com um futuro parceiro possível, cuja identidade não é conhecida no momento da avaliação; (ii) 'a posteriori', onde a medida esta relacionada à uma compatibilidade entre dois ou mais sistemas conhecidos dispostos a interoperar, ou para a realização de uma relação atual de interoperabilidade entre dois sistemas conhecidos. Os três tipos de medição de interoperabilidade com seus diferentes aspectos estão representados no Quadro 10. Neste quadro, são apresentadas as formas para mensurar o potencial, a compatibilidade e o desempenho da interoperabilidade organizacional, definindo o escopo, se é inter ou intra-organizacional, na empresa (a priori) ou entre empresas (a posteriori).

Quadro 12 - Avaliação da Interoperabilidade.

| | A priori | A posteriori | |
|----------------------------|--|--|---|
| | Possível medida | Medida de compatibilidade | Medida de desempenho |
| Escopo (Aonde?) | Intra - Organizacional | Inter e Intra-Organizacional | |
| Aplicação (Quando?) | Antes da interoperação Parceiro desconhecido | Antes e depois da interoperação Parceiro conhecido | Ao interoperar |
| Objetivo (Porque?) | Melhorar a capacidade de interoperar | Resolver problemas de interoperabilidade | Melhorar o desempenho operacional |
| Resultados (Quais?) | Avaliação da potencialidade O potencial de IO é melhorado | Avaliação de compatibilidade Encontrar soluções para os problemas de IO | Avaliação de desempenho Indicadores de performance |

Fonte: GUÉDRIA, 2012.

A medida 'a posteriori', conforme DACLIN et al.(2006), pode apresentar: (i) medida de compatibilidade de interoperabilidade, que tem como objetivo avaliar a existência de possíveis problemas de interoperabilidade entre dois ou 'n' sistemas conhecidos existentes; (ii) medida do desempenho da interoperabilidade, que é sobretudo relacionada à avaliação do desempenho da interoperação em termos de custos, tempo (duração) da troca, qualidade e conformidade da informação trocada.

A avaliação 'a priori' permite às empresas prepararem-se para a interoperabilidade e assim evitar potenciais problemas quando precisam colaborar mutuamente.

A avaliação da interoperabilidade organizacional descreve estágios através dos quais as empresas evoluem em termos de interoperabilidade e propõe planos de ação a fim de alcançar níveis mais elevados. Também é quando a interoperabilidade alcança determinado nível de maturidade na avaliação de seu nível de potencialidade. Apesar de sua importância, os modelos de maturidade de interoperabilidade mais conhecidos, como NMI (NATO, 2003), a OIM (CLARK e JONES, 1999), LCIM (TOLK e MUGUIRA, 2003), e EIMM (ATHENA, 2005), lidam principalmente com uma medida 'a posteriori' de interoperabilidade e fazem parte de um campo promissor de aplicações e desenvolvimento em várias áreas de aplicação. Contudo este tópico de modelos de maturidade não será analisado nesta pesquisa.

4.5.7 Ferramentas Para Avaliação Multicritério

Esta seção apresenta as definições, conceitos, estrutura e modelos atrelados às ferramentas utilizadas na avaliação multicritério para auxílio na tomada de decisão quanto à importância de um critério (atributos) dentro de um determinado domínio. A amplitude e o foco do desenvolvimento desta seção está relacionada com as dimensões de avaliação da interoperabilidade em um sistema de gestão da energia em funcionamento em uma indústria IEI.

O interesse, portanto, está em uma situação de avaliação (diagnóstico) de um SGE conforme os quadrantes caracterizantes das perspectivas da interoperabilidade: negócios, processo, serviços e dados comparados com aspectos organizacionais, conceitual e técnico.

Para a avaliação multicritério da interoperabilidade organizacional várias ferramentas estão disponíveis, sendo analisadas a seguir, mais detalhadamente, apenas as ferramentas a serem empregadas nesta pesquisa.

4.5.7.1 Tomada de Decisão Multicritério (MCDM)

A tomada de decisão multicritério, do inglês *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), pode ser definida como o estudo de métodos e procedimentos pelos quais as preocupações à respeito de múltiplos critérios conflitantes podem ser formalmente incorporados ao processo de planejamento da gestão (ISMCDM, 2015).

Dessa forma, os métodos de decisão multicritério auxiliam os decisores a compreenderem suas preferências para a tomada de decisões sob a influência da multiplicidade de critérios em cenários complexos. O processo de decisão em um ambiente complexo, normalmente envolve informações imprecisas e/ou incompletas, múltiplos critérios de escolha e vários agentes de decisão (GOMES e MOREIRA, 1998).

A tomada de decisão multicritério tem sido utilizada desde a década de 1960, sendo também referida na literatura científica como “análise de decisão multicritério” (do inglês, *Multi Criteria Decision Analysis* – MCDA), “tomada de decisão multi-objetivo” (do inglês *Multi-Objective Decision Making* – MODM), “tomada de decisão multi-atributos” (do inglês *Multi-Attributes Decision Making* - MADM) ou ainda “tomada de decisão multi-dimensões (do inglês *Multi Dimensions Decision Making* – MDDM).

A tomada de decisão deve buscar a opção que apresente o melhor resultado, a melhor avaliação, ou ainda, o melhor acordo entre as expectativas do “decisor” e as suas disponibilidades em adotá-la. A aplicação de qualquer método de análise multicritério pressupõe a necessidade de especificação preliminar dos objetivos pretendidos pelo decisor quando da comparação de alternativas (GOMES e ALENCAR, 2005). Assim, a tomada de decisão multicritério possui uma vasta gama de aplicações, como na educação, manufatura, produção, construção e gestão de forma geral.

As abordagens multicritérios são formas de modelar os processos de decisão que englobam: (i) uma decisão a ser tomada; (ii) os eventos desconhecidos que podem afetar os resultados; (iii) os possíveis cursos de ação e os próprios resultados. Estes modelos refletem, de maneira suficientemente estável, o juízo de valores dos decisores (VILAS BOAS, 2006).

Segundo ALIAS et al. (2008), a maioria das aplicações de tomada de decisão multicritério está relacionada às áreas de gestão, transportes e manufatura, sendo que, na área de gestão, é majoritariamente aplicadas para seleção, classificação e avaliação de alternativas.

Um processo de decisão é apresentado na Figura 65, onde os atores são identificados como “facilitadores” e “decisores”. O “facilitador” desempenha os papéis de esclarecer sobre o processo de avaliação e/ou negociação inerente à tomada de decisões, melhorando a comunicação entre os atores e construindo um modelo que considere os pontos de vista dos atores e seus juízos de valores (HAMALAINEN *et al.* 2001). Os “decisores”, por sua vez, são aqueles a quem foi moralmente ou formalmente delegado o poder de decisão, podendo intervir na construção e na utilização do modelo como ferramenta de avaliação (FERNANDES, 1996).

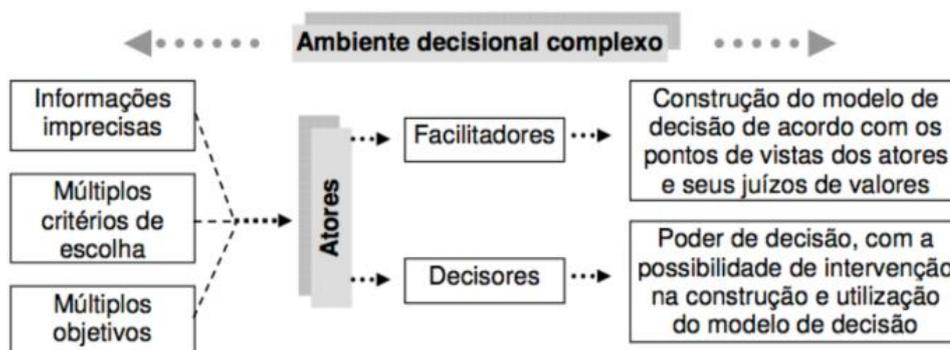


Figura 65 - Processo de Decisão.
Fonte: LOURES (2018), adaptado pelo autor (2018).

Para realizar uma decisão multicritério é necessário observar, conforme descrito por SOARES (2003), as seguintes etapas:

(i) Formulação do problema: corresponde à definição do que se quer decidir.

(ii) Determinação das ações ou alternativas potenciais: os atores envolvidos na tomada de decisão devem constituir um conjunto de ações que atendam ao problema colocado.

(iii) Definição dos critérios de avaliação: elaboração de um conjunto de critérios que permita avaliar os efeitos causados pela ação ao meio ambiente; esta é uma tarefa longa, com sucessivas aproximações entre os objetivos desejados.

(iv) Avaliação das alternativas: geralmente é formalizada pela construção de uma matriz de avaliações ou tabela de desempenhos, na qual as linhas correspondem às ações ou alternativas a avaliar e as colunas representam os respectivos critérios de avaliação previamente estabelecidos.

(v) Determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação: os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério; a ponderação de critérios pode ser realizada com o uso de várias técnicas, como: hierarquização de critérios, notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, dentre outros.

(vi) Agregação dos critérios: após o preenchimento da matriz de avaliação, os critérios são agregados, segundo um modelo matemático definido, associando as avaliações dos diferentes critérios para cada ação ou alternativas. As ações serão em seguida comparadas entre si por um julgamento relativo de seus valores.

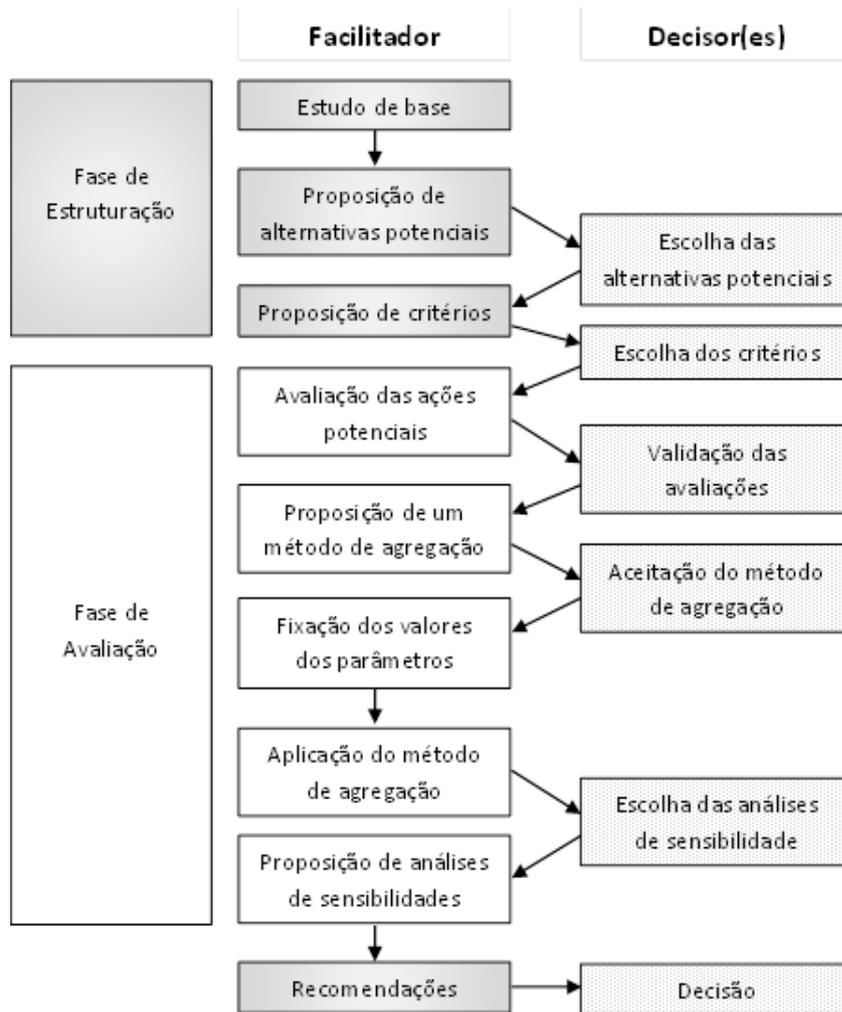


Figura 66 - Processo de Análise Multicritério.
 Fonte: SOARES, 2003.

Os problemas abordados na tomada de decisão multicritério podem ser classificados em função de suas características, tais como tomada de decisão multi-objetivo (MODM) e tomada de decisão multi-atributos (MADM), conforme apresentado na Quadro 13.

Quadro 13 - Características do problema de tomada de decisão multicritério.

| Componentes/características | Descrição breve |
|--|---|
| Tomada de decisão multi-objetivos (MODM) | Um grande número de alternativas viáveis, onde os objetivos e restrições estão funcionalmente relacionados às variáveis de decisão. |
| Tomada de decisão multi-atributos (MADM) | Relativamente um pequeno número de alternativas, onde as alternativas são representadas em termos de atributos. |
| Tomada de decisão individual | Única estrutura de preferência de objetivos, independentemente dos tomadores de decisão realmente envolvidos. |
| Tomada de Decisão em Grupo | Indivíduos (grupo de interesse) são caracterizados por diferentes estruturas de preferência de metas. |
| Sob certeza | Todas (ou uma grande parte das) informações relevantes sobre a situação de decisão são conhecidas e existe uma conexão determinística conhecida entre cada decisão e o resultado correspondente. |
| Sob incerteza | Alguns carecem de informações ou existem dúvidas sobre essa informação. Dois tipos básicos de incerteza em uma situação de decisão: (1) informações limitadas e/ou (2) imprecisão em relação ao significado semântico dos eventos, fenômenos ou declarações em si. Problemas sob incerteza também podem ser subdivididos em probabilísticos (estocásticos) e difusos, dependendo do tipo de incerteza |

Fonte: ELDRANDALY et al., 2009.

Além disso, outro critério a ser considerado diz respeito à escolha de uma técnica de tomada de decisão multicritério adequada para cada propósito, uma vez que diferentes técnicas de tomada de decisão multicritério são apropriadas para diferentes tipos de decisão a serem tomadas. Assim, além das características apresentadas previamente, outros fatores devem ser considerados ao definir a técnica a ser utilizada, como: (i) características do problema de decisão; (ii) características do decisor; (iii) características da solução (MOLLAGHASEMI e PET-EDWARDS, 1997). Tais fatores e suas sub-divisões estão dispostos na Figura 67.

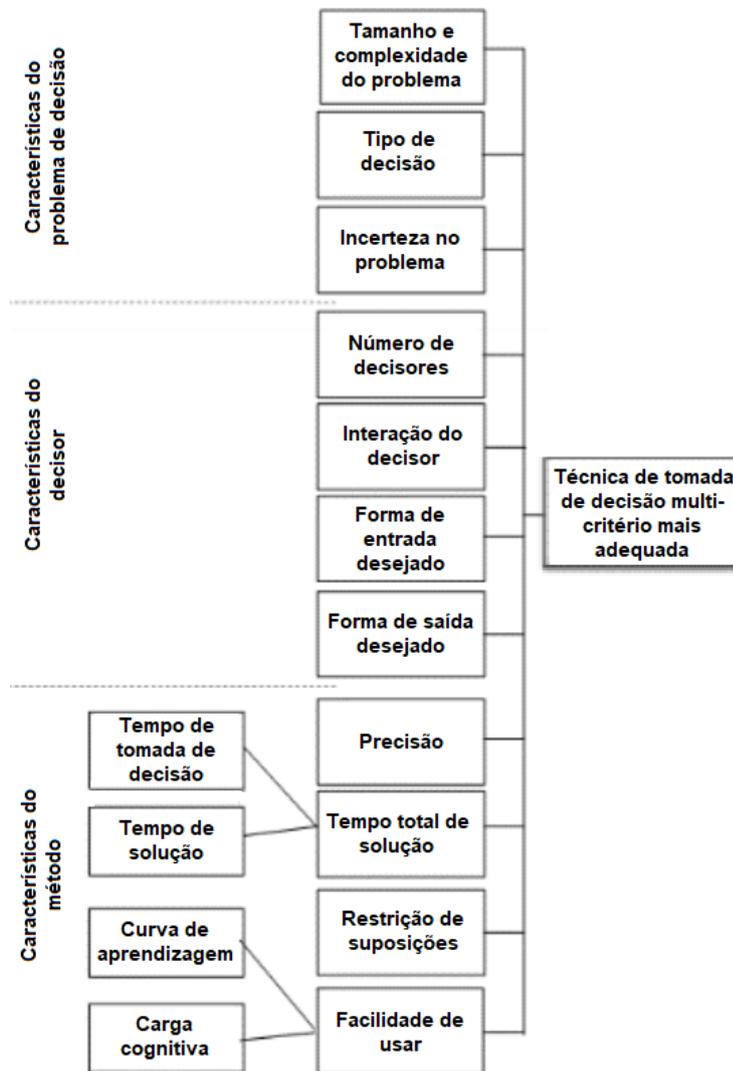


Figura 67 - Critérios para Seleção de Técnicas de Tomada de Decisão Multicritério.

Fonte: MOLLAGHASEMI & PET-EDWARDS , 1997.

Ao analisar qualitativamente os aspectos e características apresentados anteriormente, relacionados à tomada de decisão multicritério, e compará-los aos recursos existentes nos métodos de tomada de decisão multicritério mais utilizados (AHP, ANP, *Promethee*, *Macbeth*, etc.), pode-se definir a técnica mais apropriada para o presente trabalho de pesquisa. A escolha do método amparou-se em uma análise realizada por CESTARI (2015), conforme ilustrado no Quadro 14, que apresenta a análise dos fatores a ser realizada na escolha de uma técnica de tomada de decisão multicritério apropriada.

Quadro 14 - Análise dos Fatores para Seleção de Método de Decisão Multicritério Apropriado.

| Aspectos/critérios/fatores | | Comentários/Respostas |
|--|-------------------------------------|--|
| Tomada de decisão multiatributos ou tomada de decisão multiobjetivos | | Tomada de decisão multiatributos. |
| Tomada de decisão individual ou em grupo? | | Individual. |
| Em relação ao timing da articulação de preferências. | | Articulação prévia de preferências. |
| Características do método | Precisão. | Alta (ou moderada a alta) |
| | Tempo total da solução. | Rápido (ou moderado a rápido) |
| | Restritivas das suposições. | Moderadamente restritivo. |
| | Fácil de usar. | Fácil de usar e entender, com baixa curva de aprendizado, a existência de ferramentas, casos, papéis e aplicações de referência. |
| Características do tomador de decisão | Quantidade de decisores. | Geralmente um (o responsável pelo diagnóstico). Em alguns casos, pode ser possível a existência de um grupo de tomadores de decisão. |
| | Interação decisória. | Alta interação com o método e o <i>stakeholder</i> . Formulário de entrada desejado. Comparação (par a par). |
| | Formulário de entrada desejado. | Comparação (par a par). |
| | Formulário de saída desejado. | Cardeal. <i>Ranking</i> . |
| Características do problema de decisão | Tamanho e complexidade do problema. | Moderado. |
| | Tipo de decisão. | Determinista. |
| | Incerteza no problema. | Certeza. |

Fonte: CESTARI (2015), adaptado pelo autor (2018).

Considerando as “respostas” apresentadas na Tabela 26, o método mais apropriado para o presente trabalho de pesquisa é o AHP – *Analytical Hierarchy Process*. Essa escolha é justificada pelo fato de que a avaliação da compatibilidade intra-organizacional para a interoperabilidade se baseia na extração de informações provenientes de conhecimento tácito, o que dificulta uma avaliação absoluta da interoperabilidade sem a realização de comparações relativas.

Verificou-se que o método de avaliação multicritério selecionado para o presente trabalho de pesquisa, aplicado à avaliação da interoperabilidade intra-organizacional em um SGE, é condizente com a análise de CESTARI (2015) para a AIO em uma estrutura de interoperabilidade *e-Government* com condições semelhantes.

A aplicação do AHP é efetivada no *Software Super Decisions*. Para atribuir valores aos julgamentos e decisões, foi usada a estrutura proposta MII - Matriz de Influência da Interoperabilidade, adaptada da estrutura de análise do QFD (*Quality Function Deployment*).

4.5.7.2 Analytical Hierarchy Process (AHP)

O método de Análise Hierárquica de Processo (AHP) surgiu em 1972 e foi criado pelo Dr. THOMAS L. SAATY, sendo desenvolvido em um estudo sobre o racionamento de energia em indústrias. Tal método foi utilizado para auxiliar a tomada de decisão quando múltiplas variáveis são consideradas e, principalmente, quando alguma consideração subjetiva ou intuitiva deveria ser incorporada.

O método AHP destaca-se por sua simplicidade e robustez, uma vez que possui aplicações nas mais diversas áreas, tais como: tomada de decisão multicritério, planejamento estratégico, alocação de recursos e solução de conflitos. (SAATY, 1987).

No contexto de Tomada de Decisão Multicritério (TDM), do inglês *Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*, este método é considerado um método *Scoring*, ou seja, que utiliza uma pontuação para expressar a preferência de quem está tomando a decisão (XU e YANG, 2001).

O método consiste em três etapas principais: (i) Criação da estrutura hierárquica do problema a ser resolvido - definição dos critérios, subcritérios e alternativas; (ii) Definição dos pesos relativos dos elementos de cada nível da estrutura hierárquica - comparações em pares entre os elementos de cada nível hierárquico; (iii) síntese de prioridades - construção do *ranking* final de prioridades das alternativas.

4.5.7.2.1 O diagrama hierárquico da metodologia AHP

O primeiro passo para a utilização do método AHP diz respeito a decompor em uma estrutura hierárquica o problema sob análise, definindo o objetivo, critérios, subcritérios e alternativas. Para tanto, o objetivo geral é colocado no topo da hierarquia e os critérios, sub-critérios e alternativas nos níveis seguintes (inferiores). A Figura 68 ilustra a estrutura hierárquica geral adotada pela metodologia AHP, onde o nível 1,

correspondente ao nível mais alto da hierarquia, diz respeito ao objetivo, e, os níveis seguintes (2, 3 e k), dizem respeito aos critérios, subcritérios e alternativas, respectivamente.

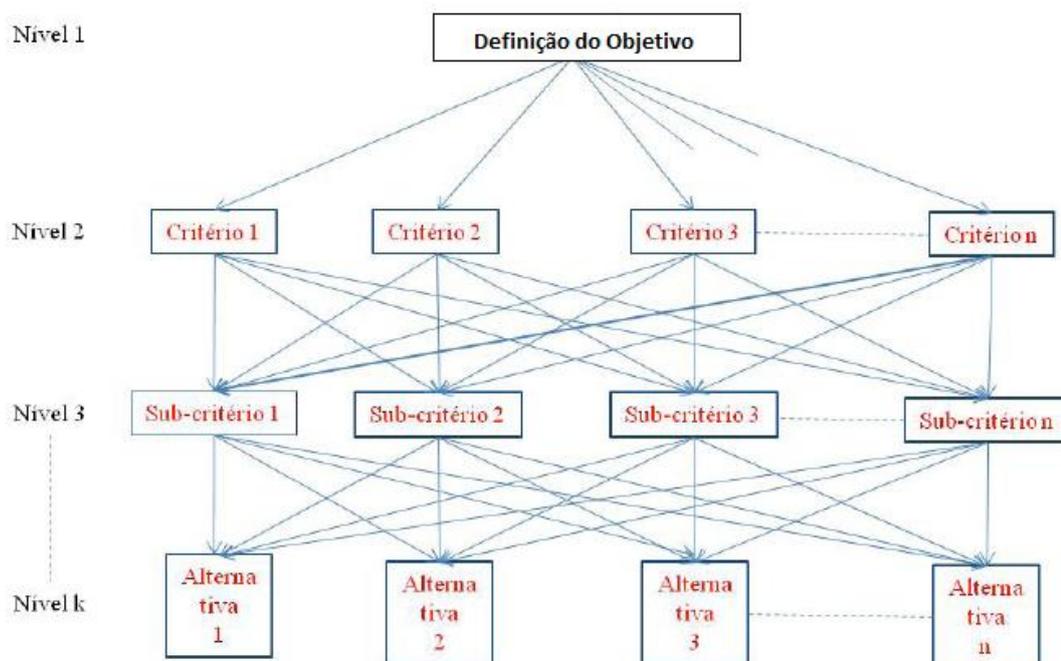


Figura 68 - Estrutura Geral do AHP
Fonte: SAATY (2008), adaptado pelo Autor (2018).

Os critérios e subcritérios constituem-se de parâmetros, características e/ou atributos comuns às alternativas, e terão diferentes níveis de importância (peso) em função do objetivo. Assim, em função da forma como o problema é estruturado, o AHP atribui pesos aos critérios a fim de decidir qual alternativa se enquadra melhor ao objetivo. As alternativas constituem-se de uma lista de elementos a serem selecionados em função do objetivo estabelecido e da avaliação do conjunto de critérios e subcritérios.

Após a estruturação hierárquica do problema, deve-se proceder com a comparação entre os pares dos critérios, subcritérios e alternativas, a fim de definir a importância relativa existente entre os elementos de cada nível.

Na formação de uma hierarquia, quem toma a decisão consegue identificar atributos que contribuem para a solução dos participantes associados ao problema (SAATY, 1990).

4.5.7.2.2 Criação da Matriz Comparação

Os elementos de cada nível hierárquico são comparados aos pares a fim de definir o nível de importância relativo entre os mesmos. Tais comparações são diretamente influenciadas pela importância relativa do “nó pai” dos níveis anteriores, ou seja, na Figura 68, a importância relativa dos subcritérios é diretamente influenciada pela importância relativa dos critérios.

As comparações em pares, realizadas em determinado nível, podem ser representadas por uma matriz quadrada $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, na qual os elementos são comparados com eles mesmos. Cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo (SAATY, 1994), conforme mostrado na Figura 69.

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix}$$

Figura 69 - Matriz Quadrada Genérica.
Fonte: O Autor, 2018.

Na matriz “A”, apresentada na Figura 68, um elemento genérico A_{ij} representa o nível de importância do critério “i” em relação ao critério “j”, e vice-versa.

Considerando que a matriz A sempre é quadrada, o triângulo inferior da matriz será formado pelo inverso dos elementos do triângulo superior (matriz recíproca), ou seja: $a_{ij} = 1/a_{ji}$ (ver Figura 69). O número de comparações (número de matrizes de comparação) a serem realizadas é dado em função do número de elementos (critérios, subcritérios, alternativas) considerados em cada nível, conforme a Equação 1:

$$n^{\circ} \text{ comp.} = \frac{n \times (n - 1)}{2} \quad (1)$$

Equação 1 - Número de Comparações em Função do Número de Elementos

O método AHP utiliza uma escala e metodologia para seu desenvolvimento. A principal função da escala é indicar quantas vezes um elemento é mais importante que o outro (ou mais significativo do ponto de vista da empresa). A escala inicia-se

em 1 (um), onde os critérios são igualmente importantes, terminando em nove, conforme mostrado no Quadro 15.

Quadro 15 - Escala de Comparações do Método AHP.

| Nível da Importância | Definição | Definição |
|----------------------|--|--|
| 1 | Importância igual | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 2 | Fraca ou leve | |
| 3 | Importância moderada | Experiência e julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra |
| 4 | Mais moderada | Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra |
| 5 | Grande Importância | |
| 6 | Forte importância | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; posição de dominância na prática |
| 7 | Muito Forte | |
| 8 | Extremamente forte | A evidência que favorece uma atividade em relação à outra é da maior ordem possível de afirmação |
| 9 | Importância extrema | |
| Reciprocidade abaixo | Se uma atividade i tem um número não nulo que lhe é atribuído quando comparado com uma atividade j, então j tem o valor reciprocidade se comparado a i: $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ | Hipótese de razoabilidade |
| 1.1-1.9 | Se as atividades são muito similares | Pode ser difícil de se atribuir o melhor valor, porém quando comparadas a atividades contrastantes, a diferença entre dois números pequenos não é claramente perceptível. Ainda assim, podem indicar a importância relativa das atividades |

Fonte: SAADY (1990), adaptado pelo autor (2018).

Para melhor entendimento da construção da matriz de comparação, um exemplo na Figura 70.

| | Critério A | Critério B | Critério C | Critério D |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Critério A | 1 | 3 | 6 | 4 |
| Critério B | 1/3 | 1 | 3 | 8 |
| Critério C | 1/6 | 1/3 | 1 | 3 |
| Critério D | 1/4 | 1/8 | 1/3 | 1 |

Figura 70 - Exemplo de Matriz de Comparação (n=4).
Fonte: O autor, 2018.

Utilizando a escala do Quadro 15, a matriz de comparação da Figura 65 permite concluir que:

- O critério “A” possui importância moderada em relação ao critério “B”, importância forte em relação ao critério “C” e importância mais moderada em relação ao critério “D”;
- O critério “B” tem importância moderada em relação ao critério “C” e importância extremamente forte em relação ao critério “D”;
- O critério “C” possui importância moderada em relação ao critério “D”.

Para comparações quantitativas os valores apresentados no Quadro 13 não são necessários, uma vez que já existem valores para serem utilizados nas comparações em pares. Segundo SAATY (1990), a forma mais eficiente para realizar um julgamento consiste em realizar comparações entre pares de elementos considerando apenas uma de suas propriedades. O processo de julgamento tem natureza qualitativa, pois a importância relativa dos critérios pode variar para cada respondente.

4.5.7.2.3 Normalização e cálculo de pesos

Ao comparar elementos de diferentes tipos e características, os dados absolutos relativos a tais elementos devem ser padronizados, uma vez que a comparação entre unidades diferentes é inválida. As comparações feitas no método AHP não são feitas com valores absolutos, mas sim, valores relativos inseridos em um determinado contexto ou critério. Assim, a matriz de comparação deve ser normalizada a fim de permitir que elementos com diferentes magnitudes possam ser comparados entre si, considerando níveis de importância e pesos relativos. O

processo de normalização consiste em dividir os elementos da matriz de comparação pela soma das respectivas colunas, conforme a Equação 2:

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad \text{onde } j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2)$$

Equação 2 - Normalização da Matriz de Comparação.

Uma vez que a matriz de comparação esteja criada e normalizada, deve-se obter o *ranking* de prioridades dos elementos, dado pelo autovetor da matriz de comparação. Trata-se de uma matriz desacoplada de magnitudes, pois seus valores representam apenas a ordem da prioridade relativa (*ranking*) dos elementos da matriz de comparação. De acordo com SAATY (1987), há incontáveis formas para extrair vetor de prioridades da matriz de comparação "A", porém, ao enfatizar a consistência, a formulação do autovetor torna-se a mais indicada. O cálculo do autovetor w_i , ou matriz de pesos relativos, é resumido pelos seguintes passos:

- (i) Multiplicar a matriz de comparação por ela mesma;
- (ii) Calcular a soma das colunas da matriz resultante e normalizar o vetor de somas;
- (iii) Se essa for a primeira iteração, repetir os passos (i) e (ii); Caso contrário, comparar a soma atual com a anterior. Se a diferença for menor que a tolerância pré-estabelecida, encerrar o processo.

O autovetor representa o nível relativo de importância de um elemento da matriz de comparação em relação aos demais. Dessa forma, o somatório de seus elementos deve ser igual a 1, conforme a Equação 3.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

Equação 3 - Soma dos Elementos do Autovetor w_i

4.5.7.2.4 Análise de consistência

A medida de consistência é extremamente relevante para o método AHP, pois possibilita em uma análise quantitativa, identificar erros e inconsistências de

juízo. Assim, a realização da análise de consistência é extremamente relevante antes de proceder com a extração dos resultados finais do AHP.

Antes de calcular a medida inconsistência, deve-se calcular a soma dos valores ponderados (W), dada pela Equação 4:

$$W = A \times w_i \quad (4)$$

Onde:

A - Matriz de comparação;

w_i - autovetor da matriz A .

Equação 4 - Cálculo da Soma dos Valores Ponderados W .

Após o cálculo da soma dos valores ponderados, deve-se obter o autovalor da matriz resultante $\lambda_{m\acute{a}x}$, que é calculado pela média aritmética da divisão entre a soma dos valores ponderados (W) e o autovetor (w_i), conforme a Equação 5.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{W/w_i}{n} \quad (5)$$

Equação 5 - Cálculo do Autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$.

O próximo passo consiste no cálculo do índice de consistência (CI, do inglês *Consistency Index*), dado pela equação 6.

$$CI = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (6)$$

Equação 6 - Cálculo do Índice de Consistência CI .

Para calcular a relação de consistência (CR, do inglês *consistency ratio*), além do índice de inconsistência CI , o índice aleatório RI (do inglês *Random Index*) deve ser considerado. Trata-se de uma constante criada por SAATY (1987), cujo valor depende do número de elementos comparados, conforme mostra o Quadro 16.

Quadro 16 - Índice Aleatório (RI)

| Nº de elementos (n) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Fonte: SAATY, 1987.

Assim, o cálculo da relação de consistência é dado pela Equação 7.

$$CR = \frac{CI}{RI} \times 100\% \quad (7)$$

Equação 7 - Relação de Consistência (CR)

O CR pode ser obtido em qualquer etapa do processo, porém usualmente é calculado após a definição dos autovetores de cada matriz de comparação. Isso permite uma avaliação prematura da consistência dos resultados, que poderão ser revisados, se necessário. Segundo SAATY (1987), uma matriz de comparação é considerada consistente se sua relação de consistência CR for inferior a 10%. Em matrizes onde a relação de inconsistência for superior a 10%, as comparações devem ser revisadas.

4.5.7.2.5 Síntese das prioridades

A etapa final do método AHP diz respeito à síntese das prioridades, ou seja definição da priorização final das alternativas. O cálculo do vetor final de prioridades (R) é feito ao multiplicar a matriz de comparação das alternativas (A_{alt}) pelo autovetor de prioridades associado ($w_{i_{alt}}$) (SAATY, 1994), conforme mostrado na Figura 71.

| | Matriz comparativa das alternativas | | | Autovetor de prioridades | Vetor final de prioridades | | |
|---------------|-------------------------------------|------------|------------|--------------------------|--|-----|--|
| | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 | | | | |
| Alternativa A | a_{11} | a_{12} | a_{13} | \times | $\begin{bmatrix} w_{11} \\ w_{21} \\ w_{31} \end{bmatrix}$ | $=$ | $\begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{21} \\ r_{31} \end{bmatrix}$ |
| Alternativa B | a_{21} | a_{22} | a_{23} | | | | |
| Alternativa C | a_{31} | a_{32} | a_{33} | | | | |

$$A_{alt} \times w_{i_{alt}} = R$$

Figura 71 - Cálculo do Vetor Final de Prioridades
Fonte: O Autor, 2018.

O método AHP permite a aglutinação de múltiplos resultados (combinação dos resultados obtidos por múltiplos respondentes). Tal aglutinação é feita ao se calcular a média geométrica dos elementos das n matrizes de comparação resultantes. A média geométrica é calculada pela Equação 8.

$$\text{Média Geométrica (MG)} = \sqrt[n]{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n} \quad (8)$$

Equação 8 - Cálculo da Média Geométrica de n Elementos.

A Figura 72 exemplifica o processo de combinação dos resultados de múltiplos respondentes.

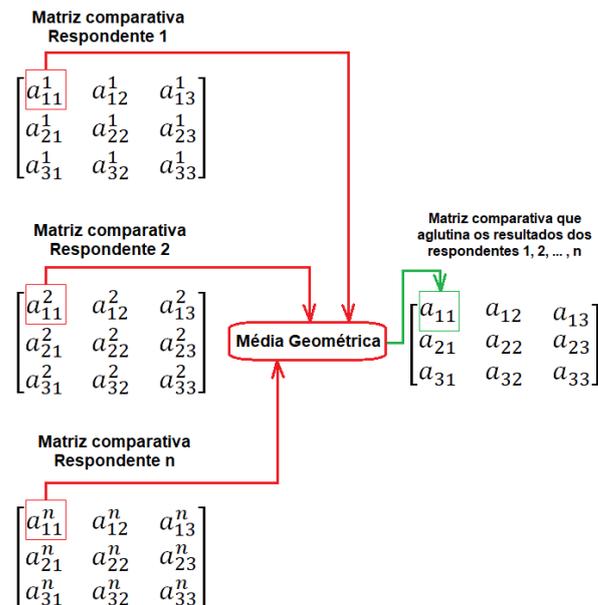


Figura 72 - Exemplo da Combinação de Múltiplos Resultados para o Método AHP.
Fonte: O autor, 2018.

4.5.7.3 Quality Function Deployment (QFD)

A metodologia QFD - *Quality Function Deployment* foi desenvolvido no Japão no final dos anos de 1960, pelos professores Shigeru Mizuno e Yoji Akao, com o objetivo da busca da qualidade pela satisfação do cliente. Surgiu através da aplicação e desenvolvimento dos modernos conceitos da gerência da qualidade. Segundo AKAO (1990), QFD é uma ferramenta de gerenciamento que fornece um processo conectivo visual para ajudar as equipes a se concentrarem nas necessidades dos clientes durante todo o ciclo de desenvolvimento de um produto ou processo. Ele fornece os meios para traduzir as necessidades do cliente em requisitos técnicos apropriados para cada estágio de um ciclo de vida de desenvolvimento de produto/processo.

Segundo CHENG (2003), existem três princípios básicos para desenvolver a metodologia QFD: (i) descrição do objetivo que pretende alcançar ou dos problemas

que pretende resolver; (ii) lista de itens “o que” é considerada a descrição clara e precisa das características, requisitos, e atributos do elemento que se pretende avaliar; (iii) índices de importância - pesos atribuídos a cada um dos itens “o que” (estão entre 1 “menos importante” e 5 “mais importante”).

A Figura 73 apresenta um modelo simplificado da matriz QFD. Esta matriz QFD é composta dos seguintes componentes:

- 1) Requisitos do cliente: estratégias que podem ser adotadas para o levantamento dos requisitos definidos para avaliação. São expressões dos clientes convertidas em necessidades (“o que” o cliente quer), resume as necessidades do cliente ou a qualidade exigida;
- 2) Matriz de planejamento: esclarece as concepções do cliente pesquisadas no mercado. Pode conter uma comparação do desempenho das corporações. Utiliza o grau de importância dos requisitos e a avaliação dos clientes como orientação para a tomada de decisão;
- 3) Requisito técnico: montar uma estrutura de características relevantes e quantificáveis. Podem ser divididas em elementos de qualidade e características de qualidade. Os elementos são itens não quantificáveis, enquanto as características de qualidade são itens que devem ser medidos no produto para verificar se a qualidade exigida está sendo cumprida;
- 4) Relação interna: expõe um grau de inter-relação entre “o que é” e o “como”. Normalmente, esse grau é representado por sinais ou diagramas, mas também pode ser um número. A relação interna é formada pela interseção de cada requisito dos clientes com cada característica do produto. Sua função é permitir a identificação de como e quanto cada característica do produto influencia no atendimento de cada requisito dos clientes;
- 5) A matriz QFD é considerada como uma matriz de correlação. Mostra o cruzamento entre as características do produto, sempre dois a dois, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo (quando o desempenho favorável de uma característica ajuda o desempenho favorável da outra) ou de conflito (quando o desempenho favorável de uma prejudica o desempenho da outra);
- 6) Determinar se as características do produto são mensuráveis, e indica qual tipo de raciocínio leva à fixação do valor ideal para cada característica.

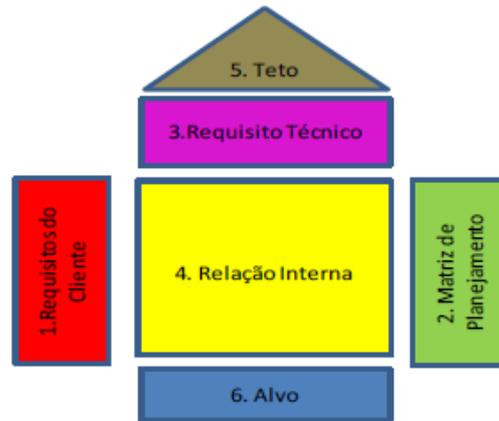


Figura 73 - Modelo Simplificado da Matriz QFD
Fonte: WERKEMA (2012), adaptado pelo Autor (2018).

Neste trabalho de pesquisa, está prevista uma adaptação da metodologia QFD para o uso na abordagem MII (Matriz de Influência da Interoperabilidade) para propiciar aderência às perspectivas de avaliação de correlação e influência na análise e categorização dos atributos GE/IEI nas perspectivas AIO.

5 AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS E ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

Esta seção apresenta uma análise e discussão sobre as práticas de gestão da energia nas IELs, as quais são estruturadas na forma de ações técnicas e gerencias recomendadas.

Também se realiza uma análise da gestão da energia nas IELs sob uma abordagem da engenharia organizacional abrangendo aspectos tais como: (i) estabelecer uma concepção de processo para a gestão da energia; (ii) mapa e *framework* conceituais para a gestão da energia; (iii) modelagem do processo da revisão energética; (iv) proposição de um procedimento metodológico para avaliação do potencial organizacional de uma indústria para implantação de um SGE com aplicação das diretrizes da engenharia organizacional e de ações técnicas e gerenciais.

A proposição da aplicação das ações técnicas e gerencias recomendadas e a abordagem da engenharia organizacional resultam em procedimentos, ferramentas, processos, modelos, etc. que podem contribuir para minimizar, superar e/ou remover as barreiras organizacionais que impedem uma bem sucedida gestão da energia.

5.1 AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS

As práticas de gestão da energia na indústria são impetradas pela organização em ações visando atuar sobre o uso, consumo, eficientização energética e, por conseguinte no desempenho energético global. Tais práticas objetivam reduzir os gastos com as contas de energia elétrica e gás, entre outros combustíveis, criar vantagens competitivas, reduzir os gases de efeito estufa, criar uma imagem amigável da empresa quanto ao tema do meio ambiente e como consequência satisfazer os clientes, *stakeholders*, comunidade, etc.

Em função do aspecto interdisciplinar da GE na indústria, há dificuldade de caracterização das práticas de GE, já que podem ser interpretadas sob diversas áreas de conhecimento (engenharia, economia, finanças, administração, ambiental, etc.).

A GE é um campo novo de conhecimento, sendo que neste sentido, desde o início do século XXI, há um esforço dos países, comunidades e organizações internacionais para a criação de normas para sistemas de gestão da energia (SGE).

No ano de 2008, foi lançada nos Estados Unidos a norma ANSI/MSE 2000 - A Management System for Energy (2000). Em 2009, a comunidade europeia lançou a norma EN 16001 Energy Management Systems in Practice e, em 2011, foi lançada no Brasil a norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistemas de Gestão da Energia: Requisitos com orientações para uso.

As normas de GE incorporam a técnica da melhoria contínua estabelecida no ciclo PDCA (Plan, Do, Check and Act) criando uma nova abordagem em relação aos programas de eficiência energética tradicionais e anteriormente praticados, que realizados em uma única oportunidade, eram posteriormente abandonado. No caso da norma ISO 50001 há a inerente vantagem da compatibilidade com as normas das séries ISO 9000 e ISO 14000. Além das referidas normas, há relatos na literatura científica de iniciativas bem-sucedidas de GE que precisam ser consideradas.

Não existe uma definição única e coesiva para o termo "práticas de gestão da energia", pois estas podem ser vislumbradas sob diferentes perspectivas: tecnológica, financeira, gerencial, organizacional etc. Em estudo de caso aplicado numa indústria de fundição da Suécia com o objetivo de identificar, classificar e caracterizar práticas de gestão da energia, SA et al. (2015) identificaram que tais práticas podem ser melhor entendidas como ações técnicas e gerenciais contínuas ou frequentes. Tal interpretação está de acordo com as definições da norma ANSI / MSE 2000 que estipula que as práticas de gestão da energia podem ser dispostas na forma de ações técnicas e gerenciais, e também podem ser dispostas em função das fases do ciclo PDCA.

Um *framework* apresentando as ações técnicas e gerenciais para um SGE aplicado à IEI é mostrado na Figura 74. Nesse contexto, exemplificamos as ações técnicas e gerenciais com sua categorização (técnica ou gerencial) dentro do ciclo PDCA, como especificado em normas padrão internacional tais como a ANSI / MSE 2000 e ISO 50001.

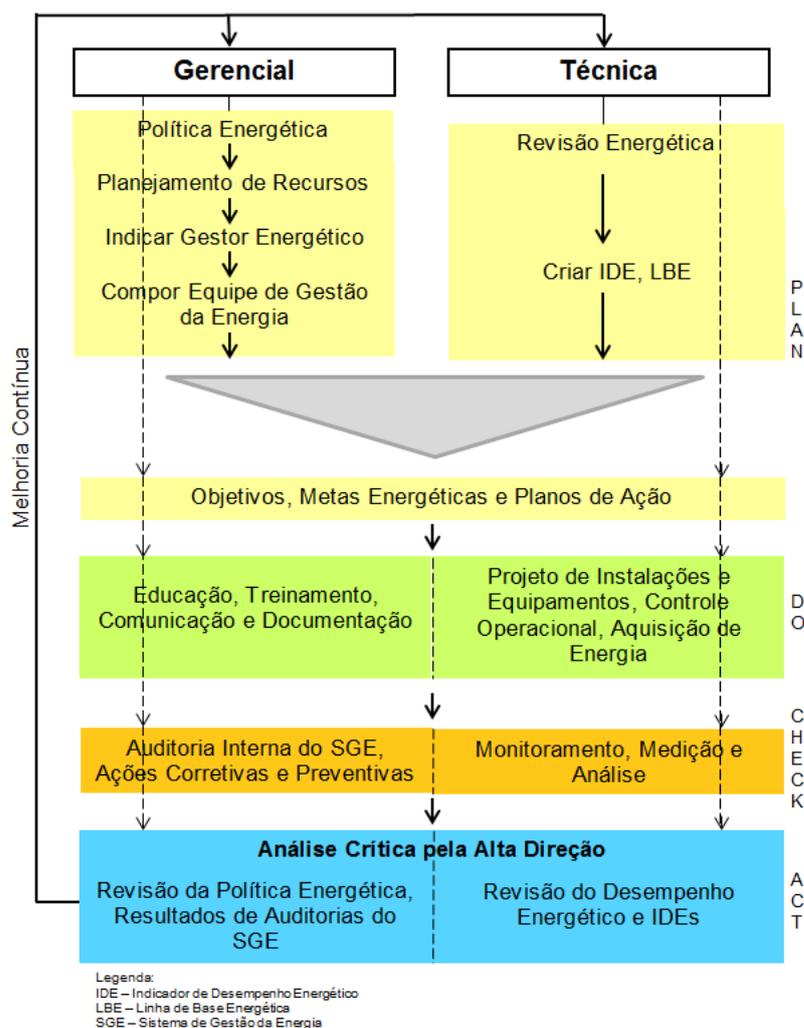


Figura 74 – *Framework* das ações técnicas e gerenciais.
Fonte: O autor, 2018.

Uma relação de práticas de gestão da energia frequentemente mencionadas na literatura científica e estabelecidas dentro do ciclo PDCA é apresentada nas tabelas 26, 27, 28 e 29.

Tabela 26 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase *Plan* (ciclo PDCA)

| Fase: <i>Plan</i> | |
|--|---|
| Ações Técnicas | Ações Gerenciais |
| Estratégias de longo prazo para gestão da energia (ABDELAZIZ et al., 2011; THOLLANDER e OTTOSSON, 2010; ATES & DURAKBASA, 2011) | Designação do gestor energético (ABDELAZIZ et al., 2011; THOLLANDER e OTTOSSON, 2008; BOYD et al., 2008; RUDBERG et al., 2013) |
| Critérios de <i>payoff</i> ao investir em substituição de equipamentos (THOLLANDER & OTTOSSON, 2010; ABDELAZIZ et al., 2011; SCHULZE et al., 2016; BUNSE et al., 2011) | Criação de equipes de gestão da energia ou comissão interna para conservação de energia (ABDELAZIZ et al., 2011; SCHULZE et al., 2016; BOYD et al., 2008) |
| Indicadores de desempenho energético (IDE) (SAYGIN et al., 2011; CHAN et al., 2014; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) | Definir política energética (ABDELAZIZ et al., 2011; THOLLANDER e OTTOSSON, 2010; ATES & DURAKBASA, 2011) |
| Conduzir revisão energética (inicial) detalhada (THOLLANDER & OTTOSSON, 2010; PALM & THOLLANDER, 2010; SCHULZE et al., 2016; GIACONE & MANCÓ, 2012) | |

Fonte: O autor, (2018).

Tabela 27 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase *Do* (ciclo PDCA)

| Fase: <i>Do</i> | |
|---|---|
| Ações Técnicas | Ações Gerenciais |
| Aquisição de energia com preferência por fontes renováveis (SORRELL, 2007; ATES & DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; THOLLANDER & OTTOSSON, 2008) | Contratação de Empresas de Serviços de Energia (ESCOs) (SORRELL, 2007; ATES & DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; THOLLANDER & OTTOSSON, 2008) |
| Medição Setorizada - Está relacionada às fases "Do" e "Check" (THOLLANDER & OTTOSSON, 2010; PALM & THOLLANDER, 2010; SCHULZE et al., 2016; GIACONE & MANCÓ, 2012) | Treinamento para prevenir acidentes e riscos relacionados aos diversos tipos de energia (ABDELAZIZ et al., 2011; ATES & DURAKBASA, 2011) |
| Sistemas de medição e monitoramento de energia - Está relacionado às fases "Do" e "Check" (PRICE, 2010; THOLLANDER & OTTOSSON, 2010; PALM & THOLLANDER, 2010; SCHULZE et al., 2016) | Treinamento em educação energética (ATES & DURAKBASA, 2011; ABDELAZIZ et al., 2011; BUNSE et al., 2011; TRIANNI et al., 2013) |
| Técnicas combinadas de calor e energia elétrica-Cogeração (CHP) (PHYLIPSEN et al., 1997; THOLLANDER e OTTOSSON, 2008; WORRELL et al., 1997) | |

Fonte: O autor, (2018).

Tabela 28 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase *Check* (ciclo PDCA)

| Fase: <i>Check</i> | |
|--|---|
| Ações Técnicas | Ações Gerenciais |
| Auditorias energéticas no formato de diagnósticos. (ABDELAZIZ et al., 2011; ATES e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) | Auditoria interna do SGE (ABDELAZIZ et al., 2011; ATES e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) |
| Técnicas de benchmarking (consumo de energia, eficiência energética) (CHAN et al., 2014; WORRELL et al., 2008; SCHULZE et al., 2016; ABDELAZIZ et al., 2011) | Ações corretivas e preventivas no SGE (ABDELAZIZ et al., 2011; ATES e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) |

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 29 - Ações Técnicas e Gerenciais estabelecidas na fase *Act* (ciclo PDCA)

| Fase: <i>Act</i> | |
|--|--|
| Ações Técnicas | Ações Gerenciais |
| Revisão do desempenho energético e de indicadores de desempenho energético (SAYGIN et al., 2011; CHAN et al., 2014; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) | Revisar política energética (ABDELAZIZ et al., 2011; THOLLANDER e OTTOSSON, 2010; ATEs & DURAKBASA, 2011) |
| | Analisar resultados de auditorias no SGE (ABDELAZIZ et al., 2011; ATEs e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016; STENQVIST, 2015) |

Fonte: O autor, 2018.

Verifica-se que em função da complexidade inerente à GE e dos desdobramentos das ações, algumas das práticas de gestão sejam técnicas ou gerenciais, podem requerer atividades e estar inseridas em mais de uma fase do ciclo PDCA.

5.1.1 Conjunto de Ações Técnicas e Gerenciais para o SGE

A exploração do conteúdo e de seus desdobramentos disposto no portfólio bibliográfico da RSL, quanto à primeira questão de pesquisa a qual se refere a “Quais são as práticas de gestão da energia na indústria energo-intensiva?”, discutida no item 5.1, enseja a oportunidade de organizar as atividades do SGE utilizando o formato previsto nas normas ABNT ISO 50001, ANSI/MSE 2000 e em boas práticas citadas na literatura científica para propor um conjunto de ações técnicas e gerenciais.

O conjunto das ações técnicas e gerenciais relativas ao SGE mostrado na tabela 31 está disposto em quatro partes: (i) Ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE - Gestor energético; (ii) Ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE - Equipe de gestão da energia; (iii) Ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE - Alta direção; (iv) Ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE – Empresa. O termo “empresa” refere-se a atividades desenvolvidas por quaisquer áreas da organização no intuito de atender ao SGE.

Embora o gestor energético faça parte da equipe de gestão da energia as ações técnicas e gerenciais 1, 2 e 3, relativas ao gestor energético, estão destacadas da EGE- em uma disposição separada para ressaltar as habilidades humanas relevantes e necessárias para um bom desempenho do SGE conforme relatado na literatura científica (ABDELAZIZ et al., 2011; THOLLANDER e OTTOSSON, 2010; CAPEHART et al., 2003; TURNER e DOTY, 2007).

As ações técnicas e gerenciais também poderão ser estabelecidas considerando as dimensões humana organizacional e tecnológica, haja vista elas disporem de elementos que permitem tal classificação. Esta condição será empregada conforme as necessidades no desdobramento da pesquisa.

Tabela 30 - Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas.

| AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS – SGE GESTOR ENERGÉTICO | | |
|---|---|---|
| 1 | G | O Gestor energético deveria ser líder, motivador, solucionador de problemas e com capacidade de tratar com objetivos diferentes. |
| 2 | G | O Gestor energético deveria ser experiente em questões energéticas e disponível para treinamento/certificação. |
| 3 | G | O Gestor energético deveria ter habilidades sociais e capacidade de interconectar atividades entre diferentes grupos de trabalho. |
| AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS – SGE EQUIPE DE GESTÃO DA ENERGIA (EGE) | | |
| 4 | G | A EGE multifuncional motivada em estrutura <i>ad hoc</i> (propósito definido). |
| 5 | G | A EGE deveria, juntamente com a Alta Direção, definir papéis, responsabilidades, posição e autoridade para o desenvolvimento das atividades do SGE. |
| 6 | G | A EGE deveria elaborar seu plano de trabalho constando que, entre outras atividades, precisa acompanhar faturas de energia elétrica, gás e outros combustíveis relevantes. |
| 7 | G | A EGE deveria disciplinar e apoiar o processo de comunicação e documentação (papel, meio eletrônico, ou qualquer outro meio) do SGE. |
| 8 | G | A EGE deveria incentivar e conduzir providências para disponibilizar aos funcionários da empresa educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (energético), para que haja conscientização, competência e mudança da cultura organizacional, inclusive da própria EGE. |
| 9 | T | A EGE deveria conduzir a revisão energética e seus desdobramentos no cumprimento dos objetivos, metas energéticas e planos de ação na empresa. A revisão energética pode estar sob a responsabilidade da área funcional da engenharia. |
| 10 | G | A EGE deveria coordenar/apoiar as atividades de certificações energéticas (inclusive ISO 50001), controle de inventário de gases de efeito estufa e <i>benchmarking</i> energético. |
| 11 | G | A EGE deveria coordenar, na etapa de verificação, as atividades de monitoramento, medição, análise (preferencialmente usando também o PIMVP) e avaliação de conformidades com requisitos legais. Devem ser tratadas as não conformidades com ações corretivas e preventivas. |
| AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS – SGE ALTA DIREÇÃO | | |
| 12 | G | A Alta Direção deveria declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE e estabelecer uma política energética. |
| 13 | G | A Alta Direção deveria incorporar estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas. |
| 14 | G | A Alta Direção deveria indicar um representante com a função de gestor energético e aprovar equipe de gestão da energia declarando apoio ao SGE. |
| 15 | G | A Alta Direção deveria recompensar a EGE com bônus financeiro e prêmios pelo desempenho nas atividades de gestão da energia. |
| 16 | G | A Alta Direção deveria identificar o escopo (abrangência de atividades, instalações e decisões) e fronteiras (limites físicos ou locais e/ou organizacionais) do SGE. |
| 17 | G | A Alta Direção deveria apoiar o planejamento energético, garantir IDE e prover os recursos diversos (inclusive <i>softwares</i> , TIC para integração do SGE a outros sistemas, exemplo: ambiental, qualidade, etc.). |

| | | |
|----|---|--|
| 18 | G | A Alta Direção deveria aprovar revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação. |
| 19 | G | A Alta Direção deveria providenciar auditoria interna no SGE e realizar análise crítica do SGE em tempos determinados. |

**AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS - SGE
EMPRESA**

| | | |
|----|---|--|
| 20 | G | A Empresa, ao adotar práticas " <i>Best Practice</i> " do tipo Gestão da Qualidade Total, manufatura de classe mundial entre outras, deveria contemplar aspectos de eficiência energética. |
| 21 | G | A Empresa deveria incorporar <i>benchmarking</i> energético nas atividades de informações comparativas a serem realizadas interna e externamente. |
| 22 | G | A Empresa deveria padronizar as atividades de gestão da energia com o mapeamento dos processos para facilitar automação de tarefas, apoio à tomada de decisão, análise de cadeia de valor, detectar pontos fortes / fracos e falhas de integração. |
| 23 | G | A Empresa deveria adotar o uso de normas padrão de energia ISO 50001 na condição de certificação ou auto declaração (estágio inicial). |
| 24 | G | A Empresa deveria verificar a necessidade de contratação de ESCO/especialista. |
| 25 | T | A Empresa deveria realizar a revisão energética inicial, analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração. |
| 26 | T | A Empresa deveria instituir e controlar IDE. |
| 27 | T | A Empresa deveria estabelecer linha de base energética utilizando as informações da revisão energética inicial. |
| 28 | G | A Empresa deveria estabelecer na etapa da implementação e operações os seguintes requisitos para atender ao SGE: (i) educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (para conscientização e competências energéticas); (ii) comunicação; (iii) documentação. |
| 29 | T | A Empresa deveria estabelecer um controle operacional (manutenção e operação) e um projeto, ambos para atender às instalações, equipamentos, sistemas e processos relacionados ao SGE. |
| 30 | T | A Empresa deveria instituir procedimentos para aquisição de produtos/equipamentos eficientes energeticamente e especificações para compra de energia. |
| 31 | G | A Empresa deveria atender aos dispositivos legais (específico país), com treinamento dos funcionários em relação à segurança e saúde ocupacional para assuntos energéticos. No Brasil normas regulamentadoras (NR), NR10, NR12 e NR13 entre outras. Também, quando conveniente em aspectos internacionais, adotar OHSAS 18000. |
| 32 | G | A Empresa deveria identificar e viabilizar fontes de financiamentos para atividades de eficiência energética e apropriar contabilmente custos energéticos por produtos, processos ou outras necessidades. |
| 33 | G | A Empresa deveria analisar e adotar critérios apropriados de payback em investimentos de substituição de equipamentos e na análise de oportunidades de eficiência energética. |
| 34 | G | A Empresa deveria analisar e realizar a integração do sistema de gestão da energia com outros sistemas compatíveis, tais como: gestão dos processos da produção, qualidade, ambiental, GEE, riscos, ACV, ativos, RSC, SST. |
| 35 | T | A Empresa deveria identificar e avaliar as melhores práticas BAT nos aspectos de eficiência energética, principalmente no setor produtivo. |
| 36 | T | A Empresa deveria disponibilizar as ferramentas de TIC para suporte ao SGE. |
| 37 | T | A Empresa deveria providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real. |
| 38 | T | A Empresa deveria providenciar a medição setorizada de energia. |
| 39 | T | A Empresa deveria providenciar a instrumentação de manutenção apropriada para aspectos energéticos. |

| | | |
|----|---|---|
| 40 | T | A Empresa deveria providenciar <i>software</i> (programas de computador), simuladores para diagnose, modelagem e análise estatística de sistemas energéticos. |
|----|---|---|

Legenda: T – Ação técnica; G – Ação Gerencial.

Fonte: O autor, 2018.

5.1.2 Método Delphi

Com referência ao conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas propostas no item 5.1 e considerando: (i) a complexidade e o aspecto interdisciplinar em que se caracteriza o campo da gestão da energia na indústria (envolve diversas áreas da organização tais como engenharia, economia, finanças, administração, etc.); (ii) contemporaneidade e variedade de fatores que influenciam no tema, tais como: questões ambientais, comercial, legislação, etc.; (iii) o predominante aspecto qualitativo, é apropriado um posicionamento de especialistas com respeito às ações técnicas e gerencias anteriormente propostas.

5.1.2.1 Diagrama de Fases do Método Delphi Proposto

Um diagrama mostrando as fases do Método *Delphi* desde a definição dos objetivos da pesquisa, elaboração do questionário, etc em sua etapa inicial até a parte final com a emissão de relatório conclusão, esta apresentada na Figura 75.

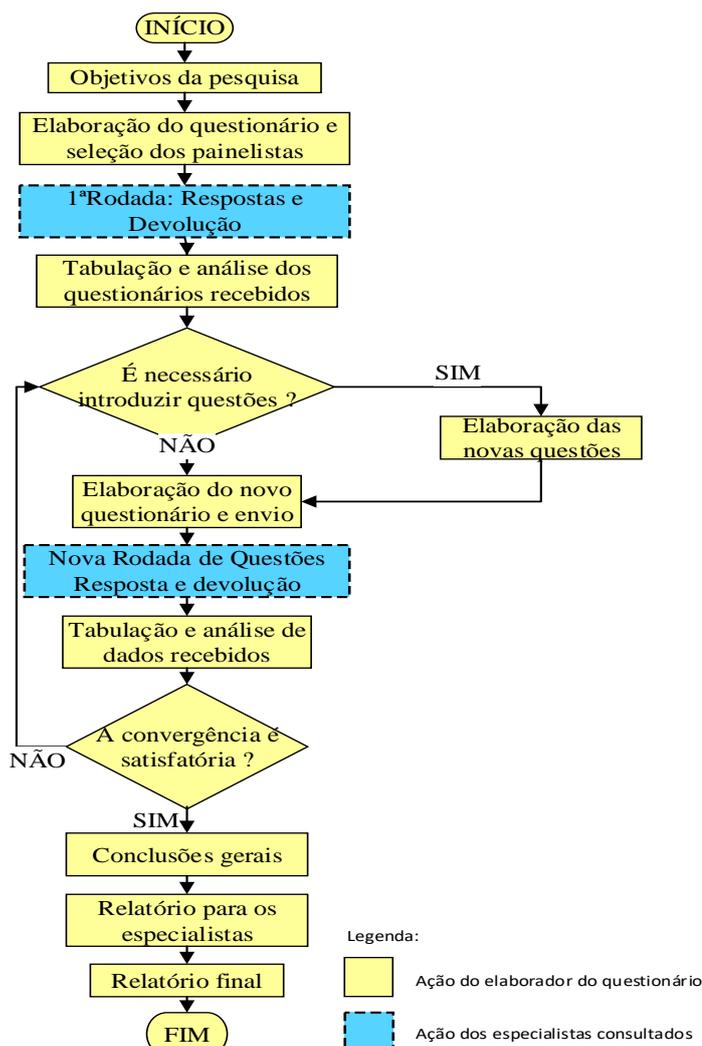


Figura 75 - Fases do Método Delphi.

Fonte: WRIGHT GIOVINAZZO (2000), adaptado pelo autor (2018).

Com a definição dos objetivos da técnica Delphi, elabora-se o questionário e são selecionados os especialistas que participarão do estudo. Em seguida, o questionário é aplicado ao grupo de especialistas e, na condição de que na primeira rodada haja o consenso esperado, encerra-se o processo e realiza-se a compilação dos resultados em um relatório final.

Não havendo consenso, é realizada a avaliação das respostas e as informações são devolvidas ao grupo. Em seguida, é elaborado um novo questionário para que seja conduzida a segunda rodada do estudo a fim de alcançar o consenso entre os especialistas.

O Estudo Delphi aplicado neste trabalho pode ser classificado como um Estudo Delphi modificado, designado “e-Delphi” de acordo com HASSON (2011). Isso

se deve ao fato de que a primeira rodada possuiu um formato baseado em um conjunto de questões pré-definidas.

O número de rodadas estimadas para aplicação desta metodologia, segundo LINSTONE and TUROFF (2002), é de no mínimo duas, podendo alcançar no máximo três, para se obter resultados razoáveis. De acordo com LAAKSO (2012), não se aconselha um número maior de três rodadas em virtude de restrição de tempo e pelo fato de não existirem mudanças significativas nas rodadas posteriores, conforme atestam experiências já realizadas.

5.1.2.2 Elementos Básicos do Método Delphi

Os elementos básicos do método Delphi escolhidos para o propósito deste projeto de pesquisa são os apresentados por LINSTONE and TUROFF (2002), utilizando em particular os elementos apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 - Elementos do Método Delphi adotados nesta pesquisa.

| OBJETIVO | PAINELISTAS ALVO | ADMINISTRAÇÃO | NUMERO DE RODADAS | 1ª. RODADA Desenho |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|--|
| Para obter parecer e ganhar consenso | Especialistas selecionados com base nos objetivos da investigação da gestão da energia na indústria energo-intensiva). | E-mail ou pesquisa on-line pela web | No máximo três rodadas. | Disponibilizado como modelo preliminar um questionário e um conjunto de instruções para orientações do preenchimento Os especialistas serão questionados sobre sua concordância em considerar individualmente as ações técnicas e gerenciais propostas. |

Fonte: O autor, 2018.

5.1.2.3 Seleção dos Especialistas

Com o objetivo de refinar, referendar e obter consenso sobre as ações técnicas e gerenciais recomendadas para a prática da GE na IEI foi aplicado o estudo Delphi.

Para este estudo, foram selecionados especialistas com grande experiência nas áreas industrial, ensino e pesquisa acadêmica e portadores do título de doutor na área de energia, com formação em (i) engenharia elétrica, mecânica e de produção; (ii) economia; e (iii) administração.

5.1.2.4 Escala de Avaliação

Aos especialistas foi solicitado que avaliassem seu nível de concordância com as ações, apresentadas na seção 5.1.1, de acordo com a escala Likert de seis pontos, como mostra o Quadro 18 abaixo:

Quadro 18 - Escala Likert.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|---------------------|
| Concordo Totalmente | Concordo | Concordo Parcialmente | Discordo Parcialmente | Discordo | Discordo Totalmente |

Fonte: O autor, 2018.

5.1.2.5 Confiabilidade entre Avaliadores

A confiabilidade entre avaliadores, também designado *Inter Rater Reliability* (IRR), é definida como uma medida que enfatiza a consistência relativa ou a semelhança das respostas dos avaliadores (LEBRETON E SENTER, 2008). Sendo assim, a aplicação do método estatístico IRR não enfatiza a igualdade do valor absoluto das respostas dos avaliadores, e sim qual a relação entre essas respostas, expressando assim a confiabilidade da amostra avaliada.

Existem vários métodos estatísticos para estimar o IRR, e a escolha de qual método utilizar depende das características e da forma em que é coletada a amostra. Neste trabalho, a amostra avaliada são questões fechadas contendo uma escala de escolha para as respostas. Ainda, cada questão foi respondida por múltiplos juízes (avaliadores). Segundo JAMES, DEMAREE e WOLF (1984), quando diferentes juízes avaliam uma única questão, usando uma escala para a resposta da mesma, o IRR pode ser calculado utilizando as equações citadas abaixo:

$$IRR = r_{WG(1)} = 1 - \left(\frac{S_{Xj}^2}{\sigma_{EU}^2} \right) \quad (9)$$

$S_{Xj}^2 = \text{Variância da amostra.}$
Equação 9 - Cálculo do IRR.

$$\sigma_{EU}^2 = (A^2 - 1)/12 \quad (10)$$

$A = \text{Número de alternativas possíveis para as respostas das questões.}$
Equação 10 - Variância de uma distribuição retangular ou uniforme.

Na condição em que a grande maioria ou que todos os avaliadores tenham o mesmo posicionamento, o que não indica necessariamente que todos tenham aferido

a mesma resposta para a questão, o IRR pode assumir valores entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo ou igual a 1 o valor do IRR estiver, maior é o nível de confiabilidade entre os avaliadores para a questão avaliada. Já, em contra partida, valores de IRR próximos ou iguais a zero sinalizam um grau de baixa confiabilidade entre os avaliadores.

5.1.2.6 Elaboração do Questionário Preliminar

A elaboração do questionário preliminar fundamentou-se nas ações técnicas e gerenciais discutidas e propostas na parte 5.1 que são a base para a construção do questionário e obtenção dos posicionamento dos especialistas. O questionário apresenta uma escala Likert de avaliação de seis pontos e também contém uma parte introdutória sobre o estudo Delphi e um glossário anexo. O referido questionário está disposto no Apêndice B.

5.1.2.7 Caracterização e Seleção dos Especialistas Participantes do Estudo Delphi

A caracterização dos participantes do estudo Delphi é realizada utilizando-se três dimensões, ou seja, pesquisa, aplicação e ensino. O propósito é avaliar qual o tempo de atuação e a quantidade de trabalhos realizados nessas três dimensões conforme o modelo proposto por BOYER (1997). Assim, a caracterização visa confirmar que os participantes escolhidos para a participação do estudo Delphi são realmente especialistas.

O Quadro 19 apresenta a estatística da qualificação dos especialistas na forma de número de anos conduzindo pesquisas, participação em implantação de projetos e/ou de consultoria e por fim em atividades de ensino. Também, o Quadro 20 apresenta a quantidade de artigos em revistas e/ou de conferência, de projetos de implantação de instalações ou de consultoria e de cursos que cada especialista realizou no decorrer da carreira.

Quadro 19 – Estatística da capacitação e qualidade dos Especialistas.

| Especialistas | Número de anos | | | Quantidade de trabalhos | | |
|-----------------|----------------------|---|--------|-----------------------------------|--|--------------------|
| | Conduzindo Pesquisas | Participação em implantação de instalações ou projetos de consultoria | Ensino | Artigos de revistas e conferência | Projetos de implantação de instalações ou de consultoria (Além de projetos de pesquisa). | Cursos ministrados |
| Especialista 1 | 15 | 10 | 14 | 47 | 5 | 10 |
| Especialista 2 | 23 | 28 | 24 | 2 | 6 | 2 |
| Especialista 3 | 14 | 14 | 15 | 139 | 27 | 6 |
| Especialista 4 | 25 | 8 | 25 | 2 | 20 | 7 |
| Especialista 5 | 6 | 21 | 22 | 29 | 30 | 3 |
| Especialista 6 | 14 | 14 | 5 | 52 | 12 | 3 |
| Especialista 7 | 6 | 13 | 4 | 2 | 7 | 2 |
| Especialista 8 | 13 | 7 | 2 | 19 | 22 | 3 |
| Especialista 9 | 7 | 7 | 4 | 6 | 9 | 2 |
| Especialista 10 | 15 | 8 | 7 | 10 | 2 | 2 |
| Especialista 11 | 10 | 2 | 8 | 19 | 2 | 4 |
| Especialista 12 | 11 | 3 | 7 | 37 | 2 | 2 |
| Especialista 13 | 41 | 25 | 41 | 3 | 50 | 7 |
| Especialista 14 | 8 | 24 | 9 | 15 | 5 | 3 |

Fonte: O autor, 2018.

O Quadro 20 apresenta a características dos especialistas conforme experiência em pesquisa, implementação de projetos e consultoria, e em atividades de ensino.

Quadro 20 - Características dos especialistas conforme experiência em pesquisa, implementação de projetos e no ensino.

| | Número de Anos | | |
|--------------------------------|----------------------|---|------------|
| | Conduzindo Pesquisas | Participação em implantação de instalações ou projetos de consultoria | Ensino |
| Não Participa nessa Atividade. | 0 | 0 | 0 |
| Menos que 2 anos. | 0 | 0 | 0 |
| De 2 a 5 anos. | 0 | 2 (14,29%) | 4 (28,57%) |
| De 6 a 10 anos. | 5 (35,71%) | 5 (31,71%) | 4 (28,57%) |
| Mais que 10 anos. | 9 (64,29%) | 7 (50,00%) | 6 (42,86%) |

Fonte: O autor, 2018.

O Quadro 21 apresenta as características dos especialistas em quantidade de trabalhos de sua autoria, projetos e cursos ministrados.

Quadro 21 - Características dos especialistas em quantidade de trabalhos de sua autoria, projetos e cursos ministrados.

| Quantidade de Trabalhos | | | | | |
|-------------------------------------|------------|--|------------|-------------|-------------|
| Artigos de revistas e Conferências. | | Projetos aplicados ou de consultoria (Além de projetos de pesquisa). | | Cursos | |
| Menos que 10 | 5 (35,71%) | Menos que 5 | 3 (21,43%) | Menos que 2 | 0 |
| De 10 a 19 | 4 (28,57%) | De 5 a 9 | 5 (35,71%) | De 2 a 4 | 10 (71,43%) |
| De 20 a 50 | 3 (21,43%) | De 10 a 20 | 2 (14,29%) | De 5 a 10 | 3 (21,43%) |
| Mais que 50 | 2 (14,29%) | Mais que 20 | 4 (28,57%) | Mais que 10 | 1 (7,14%) |

Fonte: O autor, 2018.

5.1.3 Aplicação do Método Delphi

5.1.3.1 Resultados e análise da primeira rodada de questões

O Quadro 21 apresenta os resultados da primeira rodada. Com as respostas dos especialistas aplica-se o índice de concordância entre avaliadores ou *Inter Rater Reliability* (IRR) na língua inglesa, de acordo com o modelo proposto em (JAMES, DEMAREE e WOLF (1984), onde se mede estatisticamente o grau de concordância de uma questão de acordo com as respostas de várias pessoas para uma mesma pergunta, verificando se há um consenso entre os entrevistados. Seus valores podem variar entre 0 (zero) e 1 (um). O valor máximo igual a 1 (um) significa concordância total de todos os especialistas, sendo entretanto aceitável valor de $IRR \geq 0,8$ para exprimir um consenso. Isso permite que as ações técnicas e gerenciais recomendadas possam ser referendadas e haja um consenso entre os especialistas para a prática de GE na IEI.

Quadro 22 - Resultados da primeira rodada do estudo Delphi.

| # | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | Média | Desvio Padrão | IRR |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|---------------|------|
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1,43 | 0,50 | 0,92 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,43 | 0,50 | 0,92 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1,29 | 0,59 | 0,88 |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1,71 | 0,88 | 0,73 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 2,00 | 1,00 | 0,66 |
| 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 8 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1,93 | 0,80 | 0,78 |
| 9 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1,86 | 0,74 | 0,81 |
| 10 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 11 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,50 | 0,92 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1,14 | 0,35 | 0,96 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1,21 | 0,41 | 0,94 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1,64 | 0,81 | 0,77 |
| 15 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2,79 | 1,15 | 0,55 |
| 16 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2,36 | 0,90 | 0,73 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 18 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,79 | 0,94 | 0,70 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 21 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,79 | 0,56 | 0,89 |
| 22 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1,71 | 0,59 | 0,88 |
| 23 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2,00 | 0,85 | 0,76 |
| 24 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2,50 | 0,73 | 0,82 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 26 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,50 | 0,50 | 0,91 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 28 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,86 | 0,64 | 0,86 |
| 29 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1,86 | 0,74 | 0,81 |
| 30 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 31 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,57 | 0,50 | 0,92 |
| 32 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,64 | 0,48 | 0,92 |
| 33 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1,79 | 0,77 | 0,79 |
| 34 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1,71 | 0,88 | 0,73 |
| 35 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,79 | 0,67 | 0,84 |
| 36 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,50 | 0,50 | 0,91 |
| 37 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1,86 | 0,83 | 0,76 |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 40 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1,93 | 0,80 | 0,78 |

Especialistas listados de "A" a "N", e questões listadas de 1 a 40.

1-Concordo Totalmente, 2-Concordo, 3-Concordo Parcialmente, 4-Discordo Parcialmente, 5-Discordo, 6-Discordo Totalmente.

Fonte: O autor, 2018.

Após o primeiro envio (primeira rodada), nota-se um alto nível de concordância entre os avaliadores, pois a grande maioria das questões ficou com IRR acima de 0,8, o qual é considerado um valor de referência, com exceção das questões #4, #6, #8, #14, #15, #16, #18, #23, #33, #34, #37 e #40, representando 30% do total.

As questões com IRR maior ou igual a 0,8, ou seja, 28 (vinte e oito) questões, não necessitam de alterações, pois apresentam uma forte tendência para concordância do conteúdo das mesmas. As citadas questões serão reapresentadas para avaliação dos especialistas no mesmo formato original do primeiro envio (primeira rodada).

Já as questões com IRR entre 0,7 e 0,8 não há necessidade de alterações, porém há a necessidade de encaminhamento de esclarecimentos para melhor julgamento dos especialistas. A única exceção é a questão quatro, para a qual foi realizada uma melhor descrição sem, todavia, alterar seu entendimento inicial.

Abaixo temos as questões originalmente propostas, seguida de esclarecimentos para um melhor entendimento dos especialistas:

- Questão 4 (IRR 0,73). A EGE multifuncional motivada em estrutura *Ad hoc* (propósito definido).

Questão 4 reformulada: A EGE multifuncional motivada em estrutura *Ad hoc* (propósito definido), como uma proposição inicial de estabelecimento de uma EGE.

Esclarecimentos: A proposição de uma equipe de gestão da energia formalizada no organograma empresarial e integrada na empresa se apresenta como uma solução melhor recomendada, (vide proposições de CAPEHART et al., 2003; TURNER e DOTY, 2007). Entretanto na realidade, em face de vários fatores em que preponderam aspectos financeiros, somente em alguns países desenvolvidos e em uma quantidade limitada de empresas (geralmente grandes corporações com uso intensivo de energia) é adotada esta prática. As normas de gestão da energia tais como, ISO 50001, EN 16001, ANSI MSE 2000 e recomendações de organismos internacionais como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) *Guide Energy Management*, explicitamente formulam a necessidade de composição de uma equipe de gestão da energia. Todavia não detalham o arranjo da equipe de gestão no

organograma empresarial, ficando a critério da organização a utilização de uma estrutura *Ad hoc* (propósito definido) estilo força tarefa ou uma estrutura formal na empresa.

A equipe de gestão da energia multifuncional em estrutura *Ad hoc* proposta como estágio inicial neste trabalho, em função de bons resultados obtidos, poderá, a critério da alta direção da empresa, progredir posteriormente para uma estrutura formal com dedicação parcial ou integral de seus ocupantes aos trabalhos e obrigações da gestão energética.

- Questão 16 (IRR 0,73). A Alta direção deveria identificar o escopo (abrangência de atividades, instalações e decisões) e fronteiras (limites físicos ou locais e/ou organizacionais) do SGE.

Esclarecimentos: Questão mantida por estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma NBR ISO 50001, a qual indica que a alta direção deve demonstrar seu comprometimento em apoiar o SGE e melhorar continuamente sua efetividade e, dentre as ações para tal melhoria está a identificação do escopo e de fronteiras a serem tratados pelo SGE (NBR ISO 50001, p.9, 2011).

- Questão 34 (IRR 0,73). A Empresa deveria analisar e realizar a integração do sistema de gestão da energia com outros sistemas compatíveis, tais como: gestão dos processos da produção, qualidade, ambiental, GEE, riscos, ACV, ativos, RSC, SST.

Esclarecimentos: A literatura científica relata em vários trabalhos de pesquisa (THOLLANDER, 2010; ABDELAZIZ et al., 2011; SCHULZE, 2016), a necessidade de se realizar a integração do sistema de gestão da energia com outros sistemas compatíveis. A integração de sistemas de gestão possibilita redução de custos, padronização de procedimentos, maior controle sobre a operação da empresa, melhoria na qualidade da informação, entre outros.

- Questão 23 (IRR 0,76). A Empresa deveria adotar o uso de normas padrão de energia ISO 50001 na condição de certificação ou autodeclaração (estágio inicial).

Esclarecimentos: Questão mantida por estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma ISO 50001, indicando que a norma é aplicável a qualquer organização que deseje assegurar que está em conformidade com a política energética estabelecida e demonstra tal conformidade a terceiros, podendo ser confirmada através de auto avaliação e autodeclaração (NBR ISO 50001, p.4, 2011).

- Questão 37 (IRR 0,76). A empresa deveria providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real.

Esclarecimentos: Questão mantida por estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma ISO 50001, a qual indica que um plano de medição de energia, apropriado à dimensão e complexidade da organização e aos seus equipamentos de monitoramento e medição deve ser definido e implementado, podendo abranger desde medidores da concessionária, até sistemas completos de monitoramento e medição, contendo *software* para acompanhamento e tempo real e análises automáticas (NBR ISO 50001, p.14, 2011).

- Questão 14 (IRR 0,77). A alta direção deveria indicar um representante com a função de gestor energético e aprovar equipe de gestão da energia declarando apoio ao SGE.

Esclarecimentos: Questão mantida por estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma ISO 50001, a qual indica que a alta direção deve demonstrar seu comprometimento em apoiar o SGE e melhorar continuamente sua efetividade através de atividades como a designação de um representante e aprovação da formação de uma equipe de gestão da energia (NBR ISO 50001, p.9, 2011).

- Questão 8 (IRR 0,78). A EGE deveria incentivar e conduzir providências para disponibilizar aos funcionários da empresa educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (energético), para que haja conscientização, competência e mudança da cultura organizacional, inclusive da própria EGE.

Esclarecimentos: Questão mantida por estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma ISO 50001, a qual especifica que a organização deve

identificar as necessidades de treinamento associadas ao controle dos seus usos significativos de energia e a operação do seu SGE (NBR ISO 50001, p.12, 2011).

- Questão 40 (IRR 0,78). A empresa deveria providenciar *software* (programas de computador), simuladores para diagnose, modelagem e análise estatística de sistemas energéticos.

Esclarecimentos: A literatura científica relata em vários trabalhos de pesquisa (ABDELAZIZ et al., 2011; ATES e DURAKBASA, 2011; DOBES, 2012; SCHULZE, 2016), a importância de se providenciar *software* e simuladores para diagnose, modelagem e análise estatística de sistemas energéticos. Estes *software* podem ser disponibilizados por instituições públicas tais como o Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL e o Departamento de Energia dos Estados Unidos da América – DOE, universidades, e empresas especializadas em eficiência energética.

- Questão 33 (IRR 0,79). A empresa deveria analisar e adotar critérios apropriados de *payback* em investimentos de substituição de equipamentos e na análise de oportunidades de eficiência energética.

Esclarecimentos: A literatura científica relata em vários trabalhos de pesquisa (THOLLANDER, 2010; PRICE, 2010; GIACONE, 2012) a necessidade de avaliar o critério de *payback* para viabilizar projetos de eficiência energética.

As questões com IRR abaixo ou igual a 0,7, ou seja, as questões #6, #15 e #18 foram reformuladas e reencaminhadas aos especialistas com esclarecimentos adicionais. Abaixo temos as questões originalmente propostas, seguidas de justificativas para a reformulação das mesmas:

- Questão 15 (IRR 0,55). A Alta direção deveria recompensar a EGE com bônus financeiro e prêmios pelo desempenho nas atividades de gestão da energia.

Questão 15 reformulada: A alta direção poderia (tendo em vista o trabalho voluntário da EGE), reconhecer as iniciativas e o bom desempenho, recompensando a equipe com prêmios e bônus financeiros.

Justificativas para reformulação: O relatório “*Energy Star: Guidelines for Energy Management*”, da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) prescreve que uma organização com um sistema completamente implementado de gestão da energia estipule recompensas pelas iniciativas e desempenhos bem sucedidos do sistema de gestão da energia (ENERGY STAR, p.34, 2017).

- Questão 6 (IRR 0,66). A EGE deveria elaborar seu plano de trabalho, que entre outras atividades, precisa acompanhar faturas de energia elétrica, gás e outros combustíveis relevantes.

Questão 6 reformulada: A EGE deveria elaborar seu plano de trabalho, que entre outras atividades, precisa acompanhar faturas de energia elétrica, gás, combustíveis relevantes, consumo de água, etc.

Justificativas para reformulação: O relatório *Teaming Up to Save Energy* da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos explicita a necessidade de que a equipe de gestão da energia tenha um plano de trabalho que entre outras atividades está o estabelecimento de um plano de ação (U.S. EPA, p.5, 2006).

- Questão 18 (IRR 0,70). A alta direção deveria aprovar revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação.

Questão 18 reformulada: A alta direção deveria aprovar a revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação. (Dentro de seus limites orçamentários e eventualmente, contratando especialistas para o assessoramento).

Justificativas para reformulação: Eventual dificuldade da alta direção em analisar aspectos técnicos e financeiros transversais a toda a organização.

Quadro 23 - Questões reformuladas após análise da primeira rodada do estudo *Delphi*.

| # | Questões Reformuladas |
|----|--|
| 4 | A EGE multifuncional motivada em estrutura <i>Ad hoc</i> (propósito definido), como uma proposição inicial de estabelecimento de uma equipe de gestão da energia. |
| 6 | A EGE deveria elaborar seu plano de trabalho, que entre outras atividades, precisa acompanhar faturas de energia elétrica, gás, combustíveis relevantes, consumo de água, etc. |
| 15 | A alta direção poderia (tendo em vista o trabalho voluntário da EGE), reconhecer as iniciativas e o bom desempenho, recompensando a equipe com prêmios e bônus financeiros. |
| 18 | A alta direção deveria aprovar a revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação. (Dentro de seus limites orçamentários e eventualmente, contratando especialistas para o assessoramento). |

Fonte: O autor, 2018.

O questionário com as devidas alterações após a análise das respostas dos especialistas na primeira rodada encontra-se no Apêndice B, o qual foi reenviado aos mesmos especialistas para a segunda rodada do estudo *Delphi*.

5.1.3.2 Resultados e análise da segunda rodada de questões

Após os resultados da primeira rodada as questões #6, #15 e #18 foram então reformuladas e, juntamente com os esclarecimentos foram então reencaminhadas para os especialistas expressarem novamente as suas opiniões sobre as ações técnicas e gerenciais recomendadas. Após o retorno dos questionários respondidos, constatou-se que houve um consenso entre os especialistas, pois todas as questões obtiveram $IRR > 0,8$, conforme demonstrado no quadro abaixo:

Quadro 24 - Resultados da segunda rodada do estudo Delphi.

| # | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | Média | Desvio Padrão | IRR |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|---------------|------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1,36 | 0,48 | 0,92 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1,43 | 0,49 | 0,92 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,14 | 0,35 | 0,96 |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,49 | 0,92 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,57 | 0,62 | 0,87 |
| 8 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 9 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,29 | 0,45 | 0,93 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1,14 | 0,52 | 0,91 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,29 | 0,45 | 0,93 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 15 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1,93 | 0,80 | 0,78 |
| 16 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1,86 | 0,83 | 0,76 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1,29 | 0,45 | 0,93 |
| 18 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,49 | 0,92 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,57 | 0,49 | 0,92 |
| 20 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,49 | 0,92 |
| 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,64 | 0,48 | 0,92 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,50 | 0,50 | 0,91 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,57 | 0,62 | 0,87 |
| 24 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2,07 | 0,59 | 0,88 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,36 | 0,48 | 0,92 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1,57 | 0,62 | 0,87 |
| 28 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,57 | 0,49 | 0,92 |
| 29 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1,71 | 0,70 | 0,83 |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1,43 | 0,62 | 0,87 |
| 31 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,50 | 0,50 | 0,91 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 33 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1,57 | 0,73 | 0,82 |
| 34 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1,50 | 0,63 | 0,87 |
| 35 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 36 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,43 | 0,49 | 0,92 |
| 37 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1,64 | 0,61 | 0,87 |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,64 | 0,48 | 0,92 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1,71 | 0,59 | 0,88 |
| 40 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2,00 | 0,65 | 0,85 |

Especialistas listados de "A" a "N", e questões listadas de 1 a 40.

1-Concordo Totalmente, 2-Concordo, 3-Concordo Parcialmente, 4-Discordo Parcialmente, 5-Discordo, 6-Discordo Totalmente.

Fonte: O autor, 2018.

5.1.3.3 Relatório final do estudo Delphi

Em função dos resultados obtidos, na segunda rodada, foi emitido um relatório final de consenso dos especialistas quanto às questões propostas. As atividades de consulta aos especialistas foram estabelecidas conforme os dados abaixo listados:

- Primeira rodada do estudo *Delphi*:
Primeiro envio: 10 de março de 2017;
Último recebimento: 16 de abril de 2017.
- Segunda rodada do Estudo *Delphi*:
Primeiro envio: 12 de maio de 2017;
Último recebimento: 04 de julho de 2017;
- Divulgação do resultado final: 02 de agosto de 2017.
Duração total: 21 semanas

5.1.3.4 Síntese da análise das práticas de gestão e do estudo Delphi

O presente estudo apresentou uma descrição das práticas de GE para a IEI na forma de ações técnicas e gerenciais recomendadas, que estão fundamentadas em iniciativas bem-sucedidas na indústria. As referidas ações estão dispostas dentro do ciclo PDCA e também atendem o estabelecido pelas normas de SGE ANSI/MSE 2000 e ISO 50001..

As ações técnicas e gerenciais identificadas foram arranjadas em um conjunto manuseável para implementar e conduzir um SGE na IEI. O conjunto de ações técnicas e gerenciais obtido foi organizado de forma a considerar as atribuições e responsabilidades estabelecidas pela norma ISO 50001, que preconiza o estabelecimento de uma diretoria designada Alta Direção (responsável por criar, organizar e conduzir um SGE), a indicação de um gestor energético e a composição de uma EGE.

O conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para a GE na indústria foi referendado pela realização de um estudo *Delphi*, ao obter consenso entre especialistas com grande experiência na área industrial, no ensino e na pesquisa.

A disponibilização de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas apresenta perspectivas de aplicação em diversas situações, tais como:

(i) diagnóstico; (ii) avaliação do potencial organizacional; (iii) implementação de programas de GE e eficiência energética; (iv) constituir-se de uma base para melhorias em sistemas implantados; (v) fornecimento de elementos para subsidiar a criação, organização e condução de um SGE.

5.2 ENGENHARIA ORGANIZACIONAL

Considerando o problema de pesquisa estabelecido na forma de barreiras organizacionais, as quais são apresentadas e discutidas nos capítulos 3 e 4 deste documento, empreende-se a seguir um estudo com foco em uma abordagem de engenharia organizacional objetivando minimizar e superar ou remover as barreiras organizacionais.

5.2.1 Gerenciamento de processos de negócio (BPM)

Conforme a revisão teórico conceitual descrita no Capítulo 4, a utilização do gerenciamento de processos de negócio -*Business Process Management* (BPM) para tratar o SGE como uma visão de processo traz os seguintes benefícios: melhor compreensão e transparência das atividades realizadas; definição clara de papéis e responsabilidades que auxiliam na coordenação e tomadas de decisão; habilita a colaboração e atendimento de requisitos de interoperabilidade; permite alinhamento do processo com a estratégia; apoia a mudança; facilita a automatização de processos; auxilia na avaliação do potencial organizacional para implantação do SGE.

No próximo item são discutidos os possíveis processos a serem estabelecidos para um SGE em uma indústria de uso intensivo de energia.

5.2.1.1 Processos para um sistema de gestão da energia

Os processos/sub-processos indicados para compor o SGE podem ser estabelecidos dentro do ciclo PDCA na seguinte disposição:

- “Plan” - Planejamento Energético: (i) revisão energética (processo “chave”); (ii) suprimento energético; (iii) indicadores de desempenho energético (IDE); (iv) formação da equipe de gestão da energia;
- “Do” - Implementação e Operação: (i) aquisição de serviços de energia, produtos e equipamentos; (ii) treinamento e educação energética; (iii) documentação

- (manual da energia); (iv) manutenção do SGE; (v) controle de fatura de suprimentos energéticos; (vi) aquisição de energia ou insumos energéticos;
- “Check” - Verificação do Desempenho Energético: (i) aplicação do protocolo PIMVP (protocolo internacional de medição e verificação de performance) ou norma ISO 50015; (ii) efetivação dos planos de ação para cumprimento dos objetivos e metas; (iii) avaliação do consumo energético versus esperado; (iv) verificação dos IDE;
 - “Act” - Análise Crítica do Desempenho do SGE: (i) auditoria interna do SGE; (ii) análise crítica do SGE.

Os exemplos e sugestões para os processos/sub-processos citados acima podem variar dependendo do tipo de organização, seu organograma, áreas funcionais e tipo da indústria. Nesta situação, pode haver também a transformação dos processos propostos em sub-processos e vice-versa, dependendo das áreas funcionais envolvidas.

5.2.2 Concepção de Processo para o SGE

A disciplina gerencial designada BPM em seu ciclo de vida preconiza as etapas de desenho (concepção), modelagem, execução, monitoramento e otimização conforme a Figura 54 da seção 4.4.1.1.

Assim sendo a primeira etapa designada de concepção de processo para SGE é a atividade de identificação e mapeamento dos resultados aguardados para uma operação, ou seja, a definição e concepção do que a organização, de modo tangível e mensurável, irá realizar para alcançar seus objetivos através de um processo. O desenho (concepção) do processo na forma de um macroprocesso para o Sistema de Gestão da Energia (SGE) em indústrias energo-intensivas é desenvolvido sob uma abordagem da engenharia organizacional, conforme a disciplina gerencial designada *Business Process Management* (BPM). Para o estabelecimento da concepção de processo para o SGE, aplicam-se na forma de um guia as doze diretrizes da engenharia organizacional propostas por DESCHAMPS (2013), conforme a seguir descrito:

- (i) A concepção e a execução do processo devem estar alinhadas com o contexto organizacional (recursos humanos, tecnologia, desempenho organizacional, cultura organizacional, objetivos organizacionais, valores organizacionais);
- (ii) As pessoas envolvidas em um processo devem participar de seu projeto (sugerindo, sendo consultado, sendo responsável);
- (iii) Os processos devem ser claramente definidos (objetivos, papéis, responsabilidades, capacidades, desempenho, informações e as interfaces).
- (iv) As capacidades dos recursos em um processo devem ser alinhadas com o desempenho esperado do processo;
- (v) As estruturas de informação devem basear-se em padrões abertos para garantir a interoperabilidade com diferentes sistemas;
- (vi) As especificações para os canais de interface dentro de uma cadeia de valor do processo devem ser definidas;
- (vii) Os modelos de processo e seus elementos devem ser reutilizáveis em toda a organização e em sua cadeia de valor;
- (viii) Os processos devem apoiar explicitamente o gerenciamento / controle de ações (por exemplo, sincronização, tomada de decisão, delegação e coordenação) dentro de um processo e com outros processos;
- (ix) A concepção do processo deve abordar diferentes tipos de exceções;
- (x) O projeto e a execução do processo devem incorporar mecanismos de detecção/gestão de mudanças/melhorias;
- (xi) A semântica de processos deve ser coerente e consistente em todos os processos;
- (xii) As informações relacionadas ao desempenho do processo devem ser coletadas.

A Figura 76 mostra, na forma de mapa conceitual, o posicionamento da concepção de processo de um SGE em face dos constructos da engenharia organizacional.

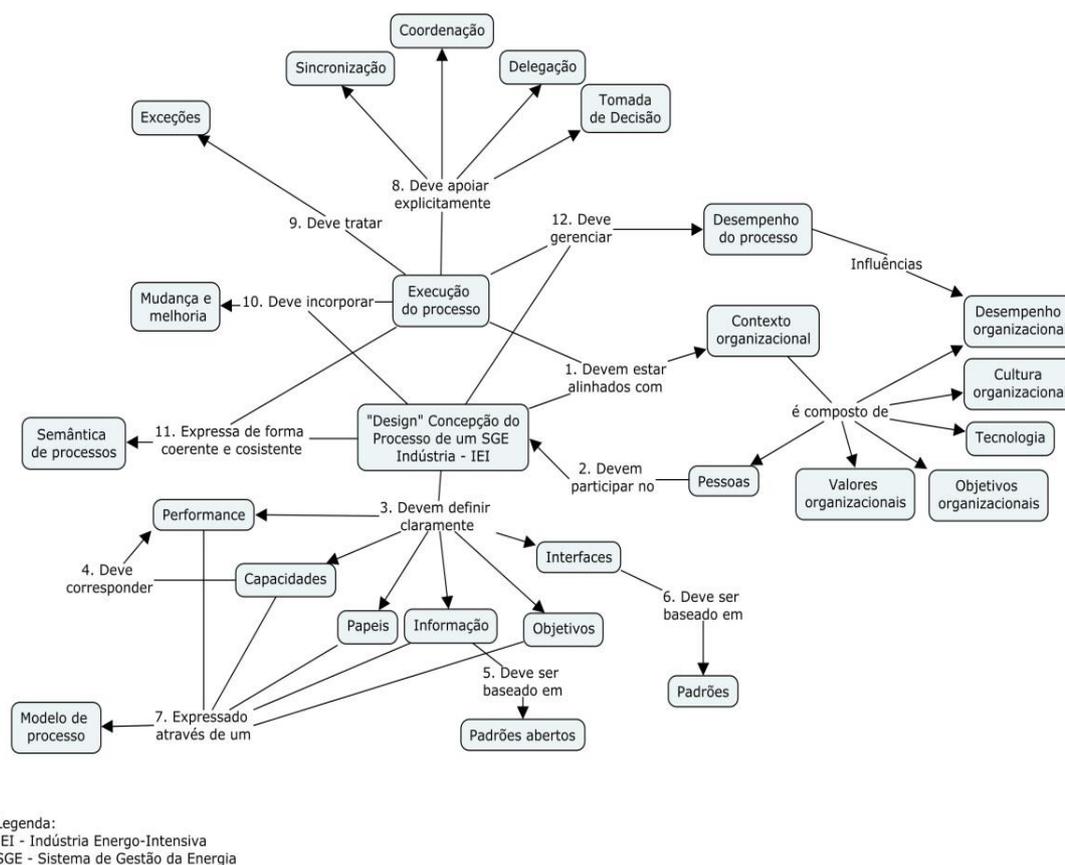


Figura 76 – Diretrizes da engenharia organizacional seus constructos e o SGE.
 Fonte: DESCHAMPS (2013), adaptado pelo autor (2018).

O projeto (concepção) de um processo de gestão da energia na dimensão BPM aplicado nas IEI, fundamentado na norma NBR ISO 50001 (2011) e em boas práticas descritas na literatura científica, conduz à necessidade de se caracterizar os principais atores envolvidos, ou seja, as áreas funcionais internas e organizações externas. A concepção para o SGE configura-se no formato “como deveria ser” haja vista o interesse em representar as ações necessárias para criar, organizar e conduzir um SGE na forma de um processo (atividades, tarefas, principais atores, etc.).

5.2.2.1 Definição dos atores principais

Os atores selecionados internamente são às áreas funcionais que têm maior contribuição, afinidade e envolvimento com o processo da gestão da energia. São eles: (i) Alta Direção - AD (diretoria selecionada); (ii) Equipe de Gestão da Energia (EGE)/gestor energético, (iii) engenharia; (iv) manutenção; (v) produção; (vi) administração. Também foram identificadas externamente empresas, concessionária

de energia elétrica e gás, comercializadora de energia elétrica e Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO).

As designadas áreas funcionais (AF) da Alta Direção e EGE/gestor energético são proposições estabelecidas pela ISO 50001 e as áreas funcionais da engenharia, manutenção, produção e administração são proposições deste trabalho de pesquisa. As áreas funcionais da engenharia, manutenção produção e administração no setor industrial são tradicionais. Utiliza-las faz-se necessário em função dos recursos e da natureza dos trabalhos aplicados na transformação de matérias primas em produtos e bens. As atribuições da AF administração atinentes ao SGE estão relacionadas, principalmente, com as atividades de: (i) recursos humanos (pessoal e treinamento); (ii) compras na aquisição de equipamentos e insumos energéticos (tais como energia elétrica, gás, outros); (iii) serviços gerais (*housekeeping*) a fim de tratar da manutenção das instalações prediais nas diversas especialidades elétrica, mecânica (hidráulicas), civis e afins e (iv) Administrar a frota de veículos da empresa.

As áreas funcionais internas foram categorizadas e representadas na parte superior do diagrama em função de sua afinidade com áreas administrativas e gerenciais. Na parte inferior do diagrama estão representadas as áreas funcionais relacionadas com o aspecto técnico (chão de fábrica). Conforme mostrado na Figura 77.



Figura 77 - Diagrama dos Atores Principais.
Fonte: O autor, 2018.

Também poderiam ser consideradas, em menor intensidade como partes interessadas do processo de um SGE, as áreas funcionais do jurídico, contabilidade/financeiro e marketing, que devido à complexidade de análise não foram consideradas nesse estudo, mas podem ser inseridos em trabalhos futuros.

5.2.2.2 Descrição do processo para o SGE

As atividades referentes a cada etapa do ciclo PDCA são descritas com maior detalhe a seguir.

5.2.2.2.1 Atividades referentes a etapa “Plan” – Planejamento energético

Entre várias as formas de se criar e organizar um sistema de gestão da energia em uma empresa de grande porte propõe-se uma alternativa em que a presidência e demais órgãos diretivos, selecionam uma diretoria, ligada a área industrial para ser a responsável pelo processo de gestão da energia. Esta diretoria selecionada, doravante denominada de Alta Direção define compromisso com a melhoria contínua e comunica para toda a organização sobre a importância da implantação do sistema de gestão da energia. A Alta Direção define uma política energética e incorpora a estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas da empresa.

A Alta direção designa um representante entre seus membros (existente ou novo contratado) para assumir a função de Gestor Energético. Esta função pode ser realizada inicialmente em tempo parcial com as demais atribuições originalmente previstas para o cargo exercido pelo gestor energético.

O gestor energético designado por suas habilidades de liderança e solucionador de problemas procede consulta por toda a empresa e seleciona nove candidatos (variável entre sete e dez) para integrarem uma equipe multifuncional designada de EGE – Equipe de Gestão da Energia.

Conforme o relatório “*Teaming up to Save Energy*” do programa “*Energy Star*” da agência de proteção ambiental dos EUA os candidatos para a EGE podem ser selecionados das seguintes áreas preferenciais para integrarem a equipe: Recursos Humanos, Saúde e Segurança no trabalho, Administrativo/Compras, Financeiro/contabilidade, Serviços gerais/patrimônio, Operação e manutenção,

Engenharia Elétrica/mecânica, Supervisão elétrica e Engenharia de processo, conforme mostrado na Figura 78. Esta EGE então passa a ser composta de dez funcionários, ou seja, gestor Energético mais nove outros integrantes. O Gestor Energético encaminha a relação de integrantes da EGE para aprovação da Alta Direção. A Alta Direção após análise e aprovação comunica e solicita ao Recursos Humanos divulgação de documento oficial da empresa sobre a constituição e funcionamento da EGE.



Figura 78 - Proposição da equipe de gestão da energia.
Fonte: O autor, 2018.

Após a formação da equipe e aprovação pela alta direção realiza-se um encontro presencial entre a alta direção e a EGE para devidas apresentações e definição por parte da alta direção dos seguintes pontos principais:

- Reforçar o compromisso da alta direção com a melhoria contínua do SGE;
- Definir escopo e fronteiras do SGE (determinar por localização geográfica, matriz/filiais e tipos de fábricas, prédios, etc., a serem envolvidos no SGE);
- Esclarecer política energética e estratégia de longo prazo;
- Recompensa e prêmios para a EGE.

Após ser aprovada pela Alta Direção, a EGE define um plano de trabalho, calendário, (inicialmente) uma reunião mensal de meio período (sugestão) e local do

encontro. Este plano de trabalho deverá fundamentar-se principalmente nos seguintes aspectos:

- Acompanhar mensalmente as faturas de energia elétrica, gás e outros combustíveis relevantes, verificando os requisitos legais energéticos;
- Coordenar programas de treinamento e educação energética para toda a empresa;
- Conduzir as atividades relacionadas ao processo de “Revisão Energética” e seu desdobramento no cumprimento dos objetivos, metas energéticas e planos de ação;
- Apoiar atividades de certificações energéticas, controle de gases de efeito estufa e *benchmarking* energético;
- Coordenar, na etapa de verificação, monitoramento e medição (PIMVP), não conformidades e ações corretivas e preventivas;
- Coordenar a comunicação inclusive relatar o desempenho do SGE à Alta direção e a documentação contendo também o manual de energia do SGE.

A EGE solicita à área da engenharia a realização de uma revisão energética inicial, atividade que se constitui em pilar do planejamento energético e processo chave para a gestão da energia. Uma revisão energética constitui-se de determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria. A etapa designada “Revisão Energética” está incorporada na metodologia conhecida como “*plan-do-check-act*” (PDCA) da norma ISO 50001, sendo também referida na literatura como auditoria energética ou diagnóstico energético.

A área funcional da engenharia, responsável pela revisão energética, pode estar dividida em três áreas principais: elétrica, mecânica e produção. A engenharia verifica a necessidade de contratação de ESCO – empresa de serviço de conservação da energia ou especialistas para dar apoio nas atividades de revisão energética. A utilização de simuladores, software e programas de computadores para diagnose, modelagem e análise estatística de sistemas energéticos deve ser analisada e cuja compra deve ser realizada, caso não se disponha deles.

As atividades envolvidas na revisão energética são preliminarmente divididas em duas áreas distintas dentro da área funcional da engenharia, mais precisamente nas áreas das especialidades elétrica e mecânica.

A parte da especialidade da engenharia elétrica encarrega-se de avaliar o suprimento de energia elétrica na forma do contrato de fornecimento de energia elétrica com a concessionária de energia local que efetua a conexão física com o sistema elétrico. Também devem ser analisados contratos da comercializadora de energia elétrica atuante no mercado livre de energia. Nestes contratos devem ser analisados risco e segurança no suprimento e renegociação de preços e modalidades tarifárias, caso seja possível.

Após análise do suprimento de energia elétrica analisa-se a viabilidade da geração distribuída nas suas diversas possibilidades (geração fotovoltaica, eólica, biomassa, etc.) e também de outros tipos de armazenamento de energia.

A análise do suprimento elétrico de grandes indústrias impõe a necessidade de instalação de sistemas eletrônicos de monitoramento e medição de energia com disponibilidade de informações em tempo real e características técnicas compatíveis (exemplo: potência elétrica kW, kVA, kVAR, demanda, qualidade da energia, utilidades - água, gás e parâmetros ambientais com recursos totais de web, etc.), na condição de não estar ainda instalado deve-se imediatamente realizar a contratação e a instalação. Os custos são razoáveis e plenamente absorvidos por uma grande indústria em condições financeiras estáveis.

Ainda na especialidade da engenharia elétrica deve ser iniciada a avaliação do uso e consumo, passado e presente, de eletricidade através da elaboração de planilhas eletrônicas. Podendo ser utilizados balanços energéticos, gráficos de Pareto, análise de risco e prioridades de custo para avaliar o uso significativo de energia. Em seguida, em ordem decrescente de potência elétrica analisa-se a oportunidade de eficiência energética.

Em condições semelhantes na especialidade de engenharia mecânica deve ser realizada a análise do suprimento de gás e outros combustíveis relevantes com foco nos contratos de fornecimento, e na segurança e risco do suprimento energético com renegociação de preços quando possível.

Os consumos mais significativos de gás, vapor, calor, ar comprimido, devem ser avaliados através do uso de planilhas eletrônicas e demais ferramentas disponíveis (*software* semelhantes ao utilizado para a especialidade elétrica).

A cogeração de energia é um procedimento onde são geradas duas formas de energia simultaneamente. A aplicação mais empregada é a cogeração de energia elétrica e energia térmica. Deve ser feita uma análise das diversas oportunidades na indústria.

A engenharia de produção/processo relata oportunidades de minimização de perdas nos processos industriais e possibilidade de otimização.

Posteriormente é realizada uma análise conjunta entre as especialidades de engenharia elétrica, mecânica e produção para definir uma série de atividades:

- Estabelecimento de uma linha de base inicial;
- Definição do conjunto de indicadores energéticos;
- Qual a melhor oportunidade de eficiência energética;
- Definição dos objetivos, metas energéticas e plano de ação.

As informações são consolidadas na área funcional da engenharia através das especialidades da área mecânica, elétrica e produção, cujos resultados finais são os objetivos, metas energéticas e planos de ação, sendo então encaminhados para a EGE que, após análise, encaminha à alta direção para aprovação. Caso seja necessário, tendo em vista os orçamentos e recursos necessários para atendimento dos planos de ação, a AD pode solicitar reavaliação e ajuste de orçamentos. Após aprovação pela AD, os objetivos, metas energéticas e planos de ação são comunicados à EGE e a toda a organização.

5.2.2.2.2 Atividades referentes a etapa “Do” – Implementação e operação

Após a definição dos objetivos, metas energéticas e planos de ação, inicia-se a etapa do projeto. O projeto (instalações, equipamentos, sistemas, processos) é o desdobramento e curso das ações temporais e progressivas, utilizadas pela organização para alcançar os objetivos e metas estabelecidos.

Posteriormente realiza-se a contratação dos serviços e equipamentos projetados e necessários com a respectiva instalação para alcançar o atendimento dos objetivos, providenciando treinamento para as pessoas envolvidas na execução do processo e realizando educação energética para toda a empresa.

Na condição de que tenham sido detectada a necessidade de treinamento nas atividades da revisão energética, deve ser procedida a efetivação do mesmo.

5.2.2.2.3 Atividades referentes à etapa “*Check*” – Verificação do desempenho energético

Na sequência, por intermédio das atividades de verificação, devem ser adotadas medidas de medição preferencialmente através do protocolo internacional de medição e verificação de performance PIMVP ou a norma ISO 50015.

Ainda nesta etapa é verificada a efetividade dos planos de ação para o cumprimento dos objetivos e metas energéticas, onde é avaliado o consumo energético (e/ou outras variáveis) real versus o consumo esperado.

Finalmente, em tempos determinados, é realizada pela empresa uma auditoria interna no SGE.

5.2.2.2.4 Atividades referentes a etapa “*Act*” – Análise crítica do desempenho do SGE

Os registros dos resultados das auditorias devem ser mantidos e relatados à alta direção, que, a fim de assegurar a continuidade, pertinência, adequação e efetividade do SGE, deve realizar uma análise crítica do mesmo em intervalos planejados. São objetos da análise crítica:

- Política energética;
- Desempenho energético relativos aos IDEs;
- Resultados de avaliações de conformidade com requisitos legais;
- Grau de cumprimento de objetivos e metas energéticas;
- Resultados de auditorias do SGE;
- Situação das ações corretivas e preventivas;
- Desempenho energético projetado para o período seguinte;
- Recomendações de melhoria.

Embora o processo tenha sido concebido para aplicação em indústrias no Brasil e siga recomendações e diretrizes de normas internacionais, há aspectos específicos de cada país em relação ao seu sistema energético (principalmente o

sistema elétrico), documentação legal, etc. que podem exigir alguns ajustes nas atividades anteriormente descritas.

Obs: O processo deve contemplar ainda mecanismos de sincronização, delegação, coordenação, tomada de decisão e, alinhamento com outros processos assegurando operações consistentes na organização com respeito aos seus objetivos de negócios.

5.2.2.3 Um macrofluxograma da concepção de processo do SGE

Uma representação na forma de macrofluxograma da concepção de processo para um SGE, descrita no item 5.2.2 anterior, é descrita resumidamente na forma de encaminhamento de ações que deveriam ser realizadas para se criar, organizar e conduzir um SGE, representado no Apêndice D.

Uma diretoria escolhida pela organização, ligada à área industrial, define uma política energética (em nome da empresa) e estabelece uma estratégia para a gestão da energia. Esta diretoria (designada AD) indica um representante com a função de gestor energético. O gestor energético seleciona funcionários de toda a empresa para compor uma equipe multifuncional (U.S. EPA, 2006). A AD aprova a composição da equipe.

A EGE elabora um plano de trabalho, o qual, entre outras atividades, verifica o atendimento a requisitos legais (BRASIL. Lei nº 10.295, 2001) e conduz uma RE inicial detalhada (estilo auditoria energética), que poderia estar sob a responsabilidade da área funcional da engenharia (recomendado).

Como resultado da RE realizada pela engenharia, com base na análise do suprimento de energia elétrica, gás, e no uso e consumo significativo e oportunidades de eficiência energética, são estabelecidos uma linha de base energética (LBE), indicadores de desempenho energético (IDE), objetivos, metas energéticas e planos de ação devidamente aprovados pela AD.

Posteriormente, é realizada a etapa de implementação, em que são projetados, adquiridos e instalados os equipamentos e serviços para alcançar os objetivos e metas estabelecidos. Na sequência, na etapa de verificação, é avaliada a efetividade dos planos para o cumprimento dos objetivos e metas e avaliado o consumo energético (e/ou outras variáveis significativas) real versus esperado.

A empresa realiza em tempos determinados uma auditoria interna no SGE, determinando ações apropriadas necessárias para correções de problemas. Finalmente a AD empreende uma análise crítica do desempenho energético do SGE, trata as não conformidades e divulga os resultados para toda a organização.

5.2.3 PROJETO ORGANIZACIONAL PARA O SGE

Um esquema preliminar de um projeto organizacional tal que discuta uma estrutura para um SGE e que atenda o encaminhamento proposto pelo modelo estrela de “GALBRAIGHT” está representado na Figura 79 a seguir.

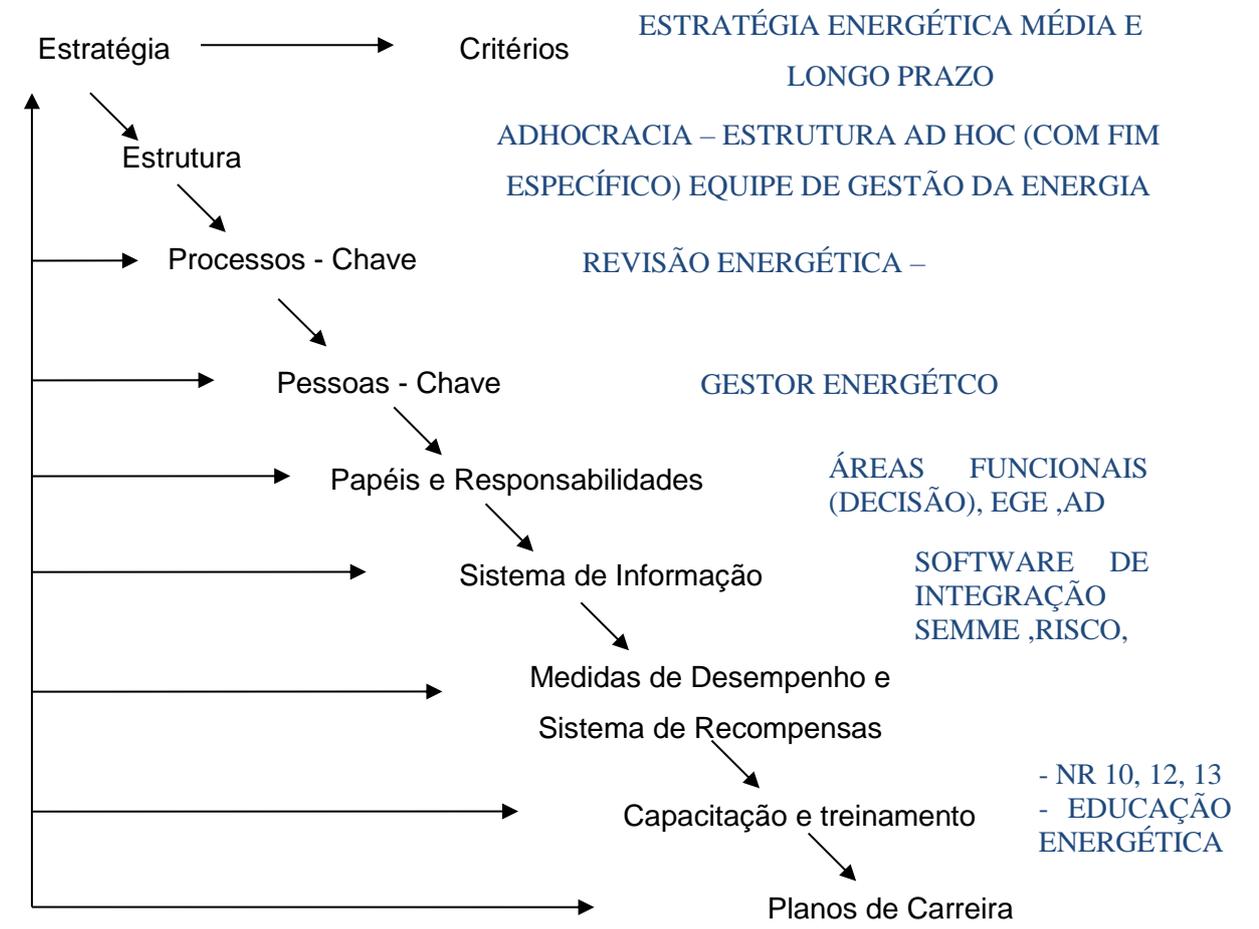


Figura 79 – Projeto organizacional de um SGE
 Fonte: GALBRAITH (1995), adaptado pelo autor (2018).

5.2.4 FRAMEWORK CONCEITUAL DO SGE

Com o desenvolvimento de uma concepção de processo para um SGE e a representação na forma de um macro processo da GE na indústria é oportuno

estabelecer um *framework* conceitual (esquema) para uma melhor representação dos elementos contidos.

Um *framework* suporta o entendimento e a comunicação de uma estrutura e as relações dentro de um sistema que está definido para um determinado propósito (LIMA, 2001). Também pode-se dizer que *frameworks* são utilizados para traduzir temas complexos e, entre outras características, sustentar o desenvolvimento de procedimentos, técnicas ou métodos e ferramentas.

O *framework* conceitual do sistema de gestão da energia na indústria disposto na Figura 80 está ambientado na concepção de processo anteriormente descrita e no ciclo *Plan, Do, Check and Act* (PDCA) e destaca na etapa *plan* o início das atividades pela alta direção. O *framework* destaca a atribuição da alta direção e da equipe de gestão da energia as quais são descritas na Figura 80.

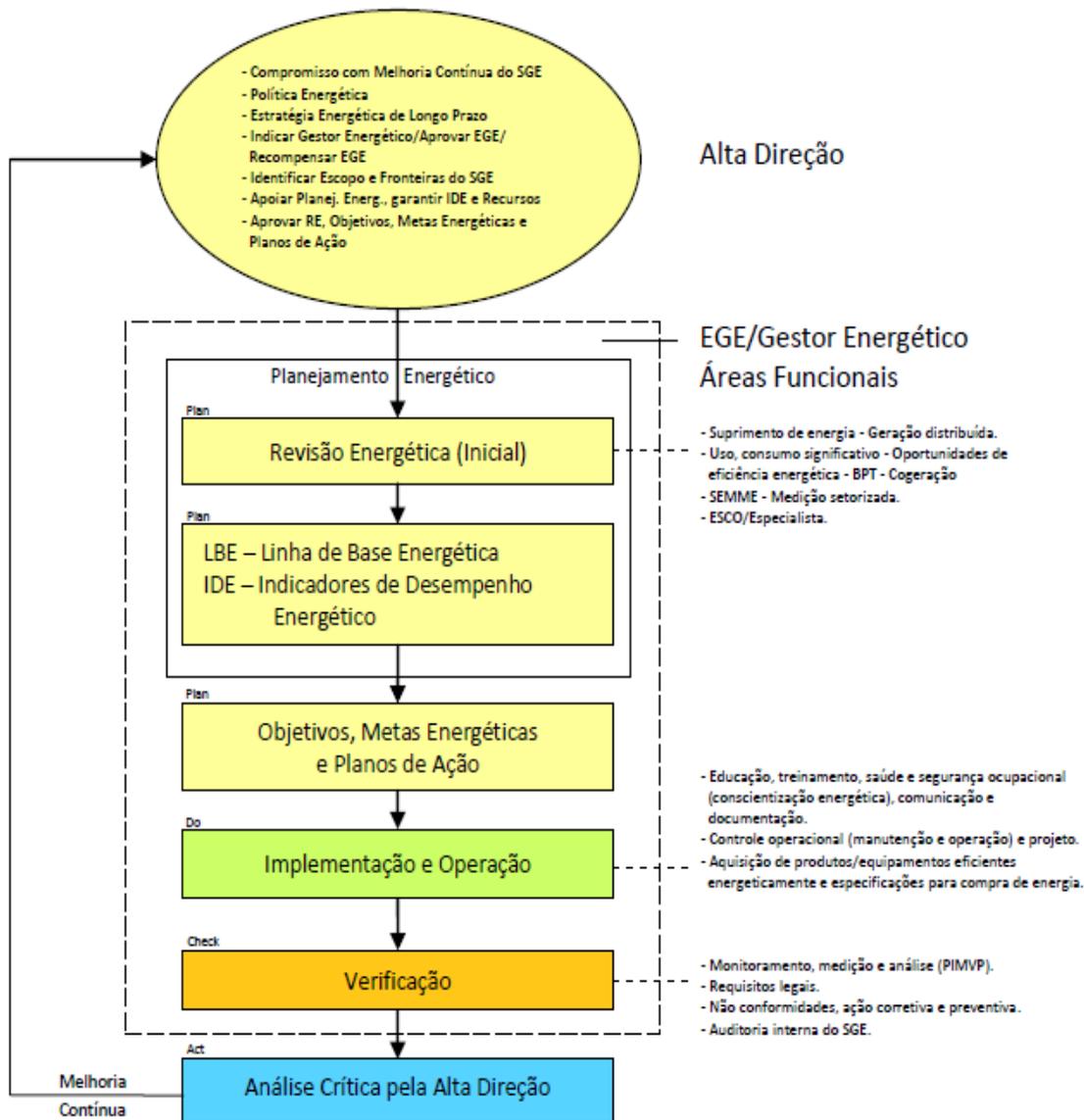


Figura 80 – Framework conceitual do Sistema de Gestão da Energia adaptado da ISO 50001.
Fonte: O autor (2018)

- Atribuições da Alta Direção para com o SGE
 - Declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE;
 - Estabelecer a política energética e as estratégias energéticas de curto, médio e longo prazo;
 - Indicar Gestor Energético e aprovar a composição da Equipe de Gestão da Energia, podendo recompensá-los caso o SGE seja bem sucedido;
 - Identificar o escopo e fronteiras do SGE;
 - Apoiar o planejamento energético, garantir recursos e o estabelecimento de indicadores de desempenho energético;
 - Aprovar a Revisão Energética, metas, objetivos e planos de ação.

- Atribuições da Equipe de Gestão da Energia / Gestor energético e demais áreas funcionais da organização para com o SGE
 - Conduzir uma Revisão Energética inicial detalhada (estilo auditoria energética): Verificar a necessidade de contratação de ESCO / especialista, realizar a análise do suprimento energético, uso e consumo de energia, possibilidades de implantação de geração distribuída, oportunidades de eficiência energética e cogeração de energia;
 - Verificar a viabilidade da utilização de Sistemas Eletrônicos de Medição e Monitoramento de energia e medição setorizada;
 - Conduzir treinamentos e cursos relacionados à saúde e segurança ocupacional;
 - Estabelecer a documentação e comunicação do SGE;
 - Estabelecer o controle operacional e executar os projetos definidos para o SGE;
 - Realizar a aquisição de equipamentos energeticamente eficientes e definir especificações para a aquisição de energia;
 - Implementar rotinas de monitoramento, medição e análise;
 - Verificar o atendimento a requisitos legais, conduzir ações corretivas e preventivas para tratamento das não conformidades;
 - Realizar auditorias internas no SGE.

5.2.5 MAPA CONCEITUAL DO SGE

Com respeito ao SGE na IEI foram desenvolvidos (i) uma concepção de processo, (ii) uma representação na forma de um macroprocesso e (iii) um framework conceitual descritos, anteriormente neste trabalho, nos itens 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3, respectivamente. Todavia, há a necessidade de prover uma representação com maior detalhamento das atividades que se desenvolvem na organização para a condução das atividades pertinentes ao SGE. Uma ferramenta adequada para proporcionar tal detalhamento é o mapa conceitual.

Mapas Conceituais são estruturas hierárquicas representadas de forma gráfica, que apresentam um conjunto de conceitos inter-relacionados. Por meio desta estrutura, é possível enfatizar as relações mais importantes entre estes conceitos (NOVAK e GODWIN, 1984). Como representações gráficas, os mapas conceituais

indicam as relações existentes entre conceitos que se conectam por meio de palavras-chave. Os conceitos são incluídos em caixas (ou outras formas geométricas) e linhas fazem a ligação entre conceitos por meio de palavras ou frases de ligação. Recomenda-se que o Mapa conceitual seja elaborado após a maturidade da ideia e após um prévio estudo aprofundado.

A teoria sobre os mapas conceituais foi desenvolvida em 1984 pelo pesquisador norte-americano Joseph D. Novak, a partir do conceito de aprendizagem significativa extraído da teoria de aprendizagem do psicólogo David Paul Ausubel (NOVAK e GODWIN, 1984).

A construção de um mapa conceitual envolve a identificação dos conceitos ou ideias pertencentes a um assunto, e a descrição das relações existentes entre essas idéias na forma de um desenho esquemático.

Os conceitos devem se relacionar de forma coerente (segundo um ordenamento lógico), e as palavras ou frases utilizadas para relacionar estes conceitos devem permitir a construção de frases com significado lógico e proposicional. Assim, a estrutura do mapa conceitual permitirá explorar eficientemente todas as relações existentes entre os conceitos. Frases comuns utilizadas para relacionar os conceitos de mapas conceituais são: é composto por, depende de, é influenciado por, inclui, causa, entre outros.

Existem diferentes tipos de mapas conceituais, que podem ser classificados de acordo com sua estrutura básica ou forma de apresentação. As classificações estruturais para os mapas conceituais são:

- (i) Estrutura hierárquica (*hierarchical*): Apresenta a informação em ordem hierárquica, de acordo com o nível de importância dos conceitos (a informação mais relevante é colocada no início da cadeia hierárquica);
- (ii) Estrutura *Flowchart*: Organiza a informação em formato linear, ordenando os conceitos em uma sequência lógica, semelhante a um livro;
- (iii) Estrutura Conceitual (*systems*): Organiza a informação em forma de fluxograma, mantendo a possibilidade de inserção e exclusão de conceitos;
- (iv) Estrutura em teia (*spider*): Organiza a informação de forma radial, onde o tema principal é colocado no centro do mapa. Selecionou-se esta estrutura para a elaboração do mapa conceitual sobre a gestão da energia e sua forma de apresentação é ilustrada na Figura 81.

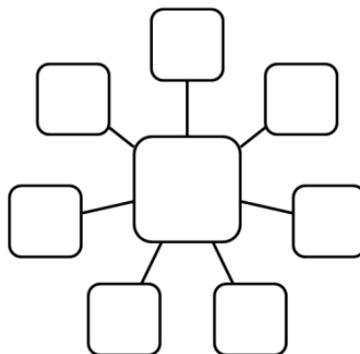


Figura 81 - Estrutura em teia (*spider*).
 Fonte: NOVAK E CAÑAS (2008), adaptado pelo autor (2018).

Quanto à forma de apresentação, os mapas conceituais podem ser classificados como:

- (i) Paisagem: Utilizados em situações onde há a necessidade de apresentar a informação em contextos panorâmicos;
- (ii) 3D (multidimensional): Apresenta as relações entre conceitos de forma tridimensional. Permite representar e explorar relações não atendidas pelos mapas conceituais em duas dimensões;
- (iii) Mandala: Apresenta as informações em formatos geométricos, proporcionando um efeito visual que permite representar o processo de pensamento do indivíduo.

5.2.5.1 Ferramentas Computacionais para Mapas Conceituais

Ferramentas computacionais (*softwares*) são utilizadas para a criação de mapas conceituais nas suas diversas formas. Tais ferramentas permitem que mapas conceituais sejam concebidos de maneira rápida e intuitiva. Entre as diversas ferramentas para mapas conceituais disponíveis atualmente no mercado, destacam-se:

1. *CMap Tools*: Software gratuito desenvolvido pelo *Institute for Human Machine Cognition* da Universidade do Oeste da Flórida. Por ser gratuito e largamente utilizado no meio acadêmico, foi o *software* adotado para a elaboração do mapa conceitual neste trabalho;

2. *Inspiration*: Desenvolvido pela *Inspiration Software*, é similar ao *CMap Tools*, porém é necessário adquirir a licença para utilizá-lo (INSPIRATION SOFTWARE, 1994; PLOTNIK, 1997);
3. *MindMeister*: Ferramenta *online* utilizada na elaboração de mapas conceituais. Possui versões gratuitas e pagas, de acordo com a aplicação e o perfil do utilizador (MINDMEISTER, 2017).

5.2.5.2 Formulação do Diagrama Básico

As organizações externas e áreas funcionais internas estão categorizadas e representadas no diagrama básico do SGE em função de seu nível hierárquico para a gestão da energia (maior para o menor), no sentido horário a partir da área funcional alta direção. O diagrama básico do SGE, anteriormente apresentado no item 5.2.1 está mostrado na Figura 82.

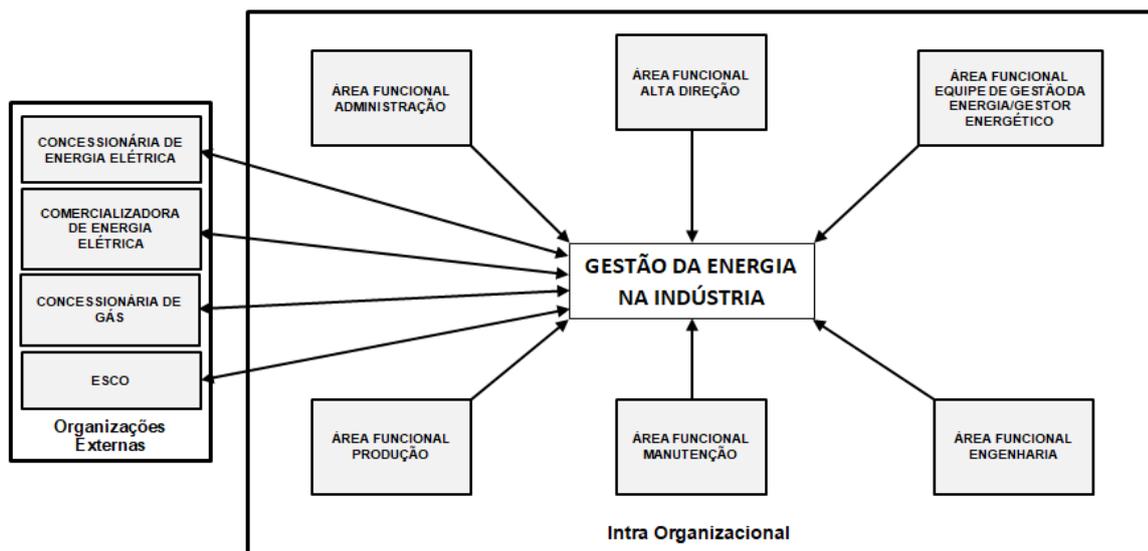


Figura 82: Diagrama de representação geral de áreas funcionais para o sistema de gestão da energia proposto.

Fonte: O autor, 2018.

5.2.5.3 Análise e categorização de dados

A análise e categorização dos dados que compõe o mapa conceitual da gestão da energia nas IEI foram realizadas descrevendo os principais atores e as partes interessadas em um arranjo conforme as organizações externas (concessionária de energia, comercializadora de energia, concessionária de gás, ESCO) e as áreas funcionais internas (intra-organizacional), alta direção,

administração, equipe de gestão da energia/gestor energético, manutenção e engenharia.

Os conceitos referentes às organizações externas às áreas funcionais intra-organizacionais serão descritas detalhadamente a seguir, e o mapa conceitual completo será apresentado na parte final desta seção.

5.2.5.3.1 Organizações Externas

As organizações externas envolvidas no SGE que compõe o modelo de gestão da energia para as IEI e que constarão no mapa conceitual estão listadas a seguir (NBR ISO 50001, 2011; CCEE, 2014; SORRELL, 2007; VINE, 2005):

- Concessionária de energia: Agente titular de serviço público federal delegado pelo poder concedente mediante licitação. Pode ser geradora, distribuidora ou transmissora de energia elétrica (ABRADEE, 2017). Quando atua como distribuidora de energia elétrica, é responsável por estabelecer a conexão física dos consumidores de energia com o sistema elétrico;
- Concessionária de gás: Agente titular de serviço público federal delegado pelo poder concedente mediante licitação. Explora o serviço público de fornecimento de gás natural canalizado para indústrias, residências, estabelecimentos comerciais e veículos. A utilização do gás natural canalizado no segmento industrial proporciona vantagens às organizações, tais como: (i) economia – custo reduzido e maior eficiência de queima quando comparado a outros tipos de combustíveis fósseis; (ii) ambiental – menor quantidade de emissão de gases de efeito estufa por unidade de energia gerada; (iii) segurança – não requer estocagem (riscos de armazenamento são eliminados), e em caso de vazamento, se dissipa rapidamente na atmosfera reduzindo a probabilidade da ocorrência de explosões e incêndios;
- Comercializadora de energia elétrica: As comercializadoras de energia são pessoas jurídicas especialmente constituídas para comprar e vender energia elétrica para concessionárias, autorizadas ou para consumidores livres (ABRADEE, 2017). Diferentemente dos agentes de geração, comercializadoras não possuem usinas para produzir energia elétrica, assim, adquirem energia elétrica de diferentes fornecedores de forma a oferecer um portfólio diversificado de produtos a seus consumidores, reduzindo os custos

de transação, e, conseqüentemente, promovendo o encontro eficiente entre geradoras e consumidores de energia elétrica. Portanto, a comercializadora atua gerindo riscos de volume e preço para geradores e consumidores do mercado livre de energia. Apesar de não possuírem ativos de geração, a operação das comercializadoras é fortemente regulada pela ANEEL (ABRACEEL, 2016);

- ESCO (Energy Services Company): Empresa de engenharia especializada em serviços de conservação de energia nas suas diversas formas (elétrica, térmica), que podem também incluir utilidades, tais como água e gás (ABESCO, 2017). Tem como principal função promover a eficiência energética nas instalações de seus clientes (VINE, 2005). As ESCOs atendem os mais diversos segmentos de mercado (público, industrial, comercial e residencial), atuando no desenvolvimento de projetos de eficiência energética e de redução de emissões, também na instalação e manutenção de equipamentos, e no monitoramento e verificação da economia energética gerada por estas ações (FANG, MILLER e YEH, 2012). Entre as várias atividades que podem ser realizadas por uma ESCO, destacam-se a revisão energética (realizar ou auxiliar na realização da mesma), quantificar o consumo energético de uma indústria e identificar as oportunidades de eficiência energética a fim de reduzir gastos e melhorar o desempenho energético da planta (SORRELL, 2007). As ESCOs podem também desenvolver atividades sob a forma de contratos de desempenho (modalidade “no cure, no pay”), onde os serviços prestados pela ESCO são pagos com base em um percentual (definido em contrato) da economia energética gerada pelas ações de eficiência energética aplicadas a determinada organização (DOBES, 2012).

Dependendo do tipo de indústria abordado, as organizações externas envolvidas no SGE podem sofrer alterações, principalmente no que diz respeito à concessionárias de utilidades, como gás.

5.2.5.3.2 Intra – Organizacional: Áreas Funcionais

As áreas internas à organização são os principais atores envolvidos no SGE. Culturalmente, as indústrias brasileiras estão internamente divididas em áreas

funcionais (AF), cujos papéis e responsabilidades são bem definidos dentro das organizações. Para que o modelo proposto possa ser aplicado em organizações com outros tipos de divisões internas, são necessárias adaptações. As atribuições de cada área funcional são apresentadas de acordo com seu nível de importância (da maior importância para a menor) e em função da ordem de precedência das ações durante a implementação e condução do SGE.

5.2.5.3.2.1 Intra – Organizacional – AF Alta Direção

A área funcional alta direção (AD) é composta por uma diretoria escolhida pela organização, ligada à área industrial, responsável por estabelecer a estratégia para a gestão da energia (NBR ISO 50001, 2011). A alta direção de uma empresa são as pessoas que efetivamente tomam as decisões sobre o destino de uma organização e têm um papel fundamental no sistema de gestão (ABNT NBR ISO 9000, 2015).

As responsabilidades da área funcional AD para o SGE, em ordem de precedência e relevância são (NBR ISO 50001, 2011):

- Demonstrar comprometimento em apoiar o SGE a melhorar continuamente sua efetividade;
- Definir, estabelecer, implementar e manter uma política energética (política energética diz respeito à declaração da organização sobre suas intenções e diretrizes gerais relacionadas com seu desempenho energético) (FAWKES, OUNG e THORPE, 2016);
- Considerar estratégias energéticas de longo prazo;
- Designar um representante e aprovar a formação da equipe de gestão da energia;
- Identificar o escopo e as fronteiras a serem tratados pelo SGE (o escopo diz respeito à abrangência do SGE, as fronteiras referem-se aos limites físicos e organizacionais estabelecidos para o SGE);
- Prover recursos para estabelecer, implementar, manter e melhorar o SGE;
- Aprovar a revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação estabelecidos para o SGE;
- Garantir o estabelecimento de objetivos e metas energéticas e planos de ação para o SGE (objetivos energéticos referem-se aos resultados ou realizações

estabelecidos para atender à política energética) (FAWKES, OUNG e THORPE, 2016):

- Conduzir revisões gerenciais, auditorias internas e análises críticas do SGE, a fim de verificar se os objetivos e metas estabelecidos estão sendo/serão cumpridos;
- Comunicar a importância da gestão da energia para a organização.

Como forma de incentivo, a AD pode também oferecer recompensas, bônus e prêmios à EGE em resposta ao bom desempenho do SGE.

5.2.5.3.2.2 Intra – Organizacional – AF Equipe de Gestão da Energia / Gestor Energético

A Equipe de Gestão da Energia (EGE) é composta pelas pessoas responsáveis pela efetiva implementação das atividades de gestão da energia e pela obtenção de melhorias de desempenho energético. As principais normas de gestão da energia preconizam a utilização de equipes de gestão da energia, por ser esta a estrutura menos onerosa para a implementação e manutenção de um SGE (ANSI/MSE 2000, 2008; NBR ISO 50001, 2011; CEN EN 16001, 2009).

Inicialmente, a presidência e demais órgãos diretivos da empresa selecionam uma diretoria ligada à área industrial para ser a responsável pelo processo de gestão da energia. Tal diretoria, denominada Alta Direção (AD), designa um representante entre seus membros (existente ou novo contratado) para assumir a função de Gestor Energético. O Gestor Energético nomeado pela AD seleciona funcionários de diversas áreas da empresa para compor uma equipe multifuncional designada EGE, podendo ser composta por várias áreas funcionais da organização. Este processo é sintetizado e ilustrado na Figura 83.

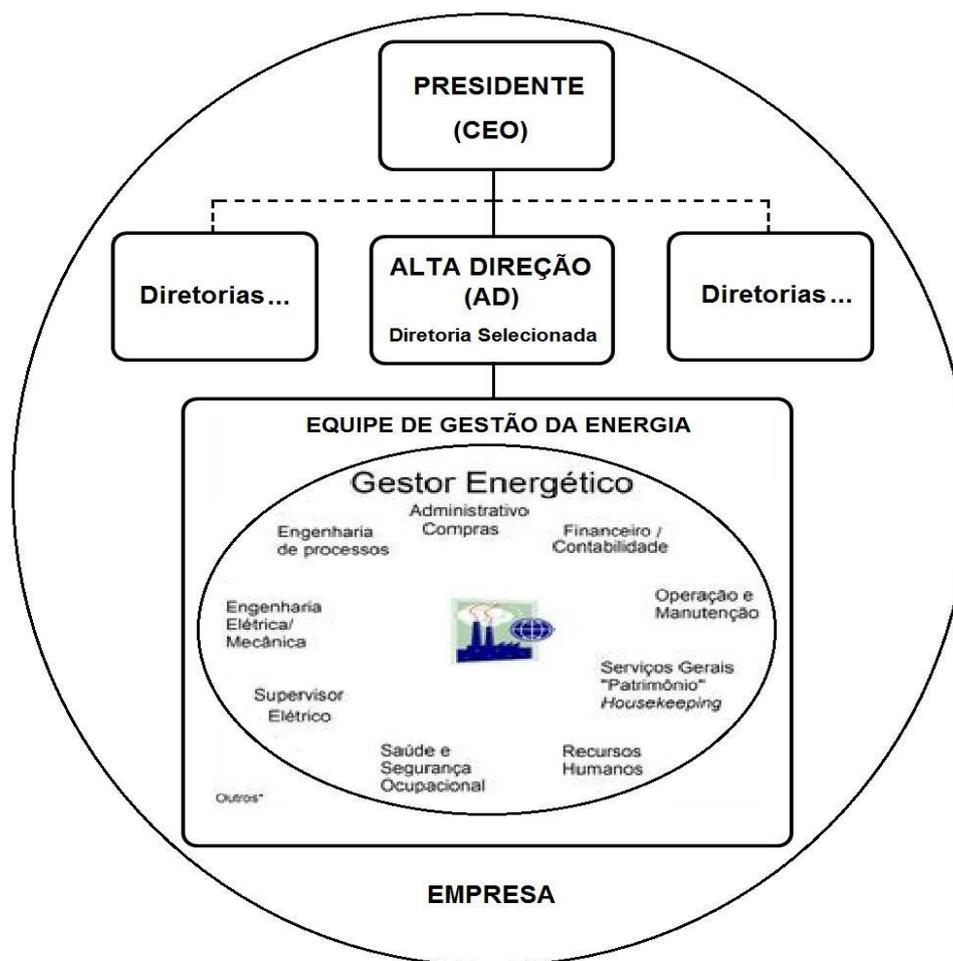


Figura 83 – Modelo do projeto organizacional.
Fonte: EPA (2006), adaptado pelo autor (2018).

A EGE, juntamente com o gestor energético, compõe a área funcional equipe de gestão da energia/gestor energético.

As atribuições da área funcional EGE/gestor energético no SGE são:

- Definir os papéis, responsabilidades, posições e autoridades, bem como coordenar o funcionamento da EGE. Tais atividades são de exclusiva responsabilidade do gestor energético (ABDELAZIZ, SAIDUR e MEKHILEF, 2011; NBR ISO 5000).
- Elaborar o plano de trabalho, incorporando o acompanhamento das faturas de energia elétrica, gás, combustíveis e água (ATES e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016);
- Documentar o SGE, incluso o manual de energia, e comunicar as ações tomadas a toda a organização (NBR ISO 50001; ATES, S. A.; DURAKBASA, N. M., 2011);

- Conduzir cursos e treinamentos, bem como ações relacionadas à segurança ocupacional e saúde do trabalho (SCHULZE et al., 2016). Os aspectos relacionados a questões de segurança ocupacional e saúde do trabalho no trato com as diversas formas de energia (eletricidade, calor, vapor, ar comprimido, entre outros) requerem especial atenção, por parte de empresas privadas e públicas, aos padrões e normas reguladoras vigentes. No Brasil, as normas regulamentadoras (NR) relativas à segurança e saúde do trabalho são de observância obrigatória, e entre elas destacam-se: (i) NR10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade; (ii) NR12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos; (iii) NR13 – Caldeiras, vasos de pressão e tubulações. O não cumprimento das disposições legais e regulamentares acarretará ao empregador a aplicação das penalidades previstas na legislação vigente (BRASIL, 2015);
- Conduzir a definição dos objetivos, metas energéticas e planos de ação (ATES e DURAKBASA, 2011; SCHULZE et al., 2016);
- Conduzir uma revisão energética inicial detalhada, estilo auditoria energética, que pode ser apropriadamente desenvolvida pela AF Engenharia (ABDELAZIZ, SAIDUR e MEKHILEF, 2011);
- Coordenar atividades relacionadas à certificações energéticas (SCHULZE et al., 2016; WORRELL et al., 2008). A EGE pode acrescentar às atividades do SGE, além da análise do desempenho energético dos sistemas de produção (onde estão disponíveis as maiores oportunidades para a realização de eficiência energética), atividades de certificações energéticas (*Leed*, *AQUA*, etc.) para outros tipos de edificações existentes na organização. Tais atividades têm o intuito de melhorar o desempenho energético das instalações da organização como um todo, demonstrando para a comunidade, parceiros e fornecedores a preocupação da organização com questões energéticas. No Brasil, o selo Procel de economia de energia (criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel) permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia. Da mesma forma, o selo Procel Edificações mede o grau de eficiência energética das edificações brasileiras (PROCEL, 2006);

- Coordenar a contabilização de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (SCHULZE et al., 2016; WORRELL et al., 2008). A contabilização de emissões de Gases de Efeito Estufa possibilita melhorias na gestão operacional e na eficiência energética da planta, pois o conhecimento gerado pela gestão das emissões pode servir de base para o planejamento estratégico, possibilitando melhorias nas gestões administrativa, operacional e financeira, bem como na racionalização do uso de insumos e na otimização do consumo de energia em uma empresa (ABNT NBR ISO 14064, 2007);
- Coordenar o Benchmarking energético (SCHULZE et al., 2016; WORRELL et al., 2008). Benchmarking é o processo contínuo de avaliação de produtos, processos ou serviços em relação aos principais competidores ou às práticas habituais de mercado, ou seja, define um nível típico de consumo, permitindo a rápida comparação, avaliação e identificação de potencial para melhorias. Conforme o *Energy Star Guidelines for Energy Management*, as principais etapas do benchmarking incluem: (i) Determinar o nível de benchmarking (por exemplo - equipamento, linha de processo, fabril ou organizacional); (ii) desenvolver métricas; (iii) conduzir comparações; (iv) acompanhar o desempenho ao longo do tempo (DOE, 2017; ENERGY STAR, 2017). Também o benchmarking do uso industrial de energia, ou benchmarking energético, realiza-se ao comparar o consumo energético de plantas com características semelhantes em função de seus volumes totais de produção, ou em função do número total de plantas que operam com o mesmo nível de eficiência ou inferior (UNIDO, 2010). O benchmarking energético pode ser usado como uma ferramenta para comparar o desempenho energético de determinada empresa com o de seus concorrentes, de forma a estimar o potencial de economia de energia, favorecendo reduções no consumo energético e na emissão de gases do efeito estufa (GEEs), sendo assim uma importante ferramenta para a implantação de programas de eficiência energética em qualquer tipo de indústria (BOYD, DUTROW e TUNNESSEN, 2008; CHAN et al., 2014; ENERGY STAR, 2017; SAYGIN et al., 2011);
- Coordenar atividades de implementação/operação e verificação, adotando medidas de medição através do protocolo internacional de medição e verificação de desempenho (PIMVP) ou normas específicas, como a ISO 50015:2014 (ISO 50015, 2014; BUNSE et al., 2011);

- Coordenar o atendimento a requisitos legais com relação a aspectos energéticos. Trata-se de requisitos internacionais, nacionais, regionais e locais relacionados à energia que se aplicam ao escopo de um sistema de gestão da energia. Exemplos de requisitos legais podem incluir uma lei ou regulamentação nacional de conservação de energia. Exemplos de outros requisitos podem incluir acordos com clientes, princípios ou códigos de boas práticas voluntários, programas voluntários e outros.

5.2.5.3.2.3 Intra – Organizacional – AF Engenharia

A área funcional da engenharia entre outras atividades tem atribuição de (i) estudo; (ii) planejamento (iii) projeto (iv) especificação (v) execução (vi) instalação (vii) montagem (viii) fiscalização de obras em várias técnicas especializadas (elétrica, mecânica, produção, civil, ambiental, etc.)

A área funcional da engenharia, além de ser habilitada, é o órgão interno mais apropriado para realizar uma etapa fundamental para a implementação do sistema de gestão da energia denominada revisão energética (norma ISO50001) mas também referida na literatura ou conhecimento prático como diagnóstico energético ou auditoria energética. Portanto a revisão energética abrangida pelo SGE é acrescentada às atividades e atribuições rotineiras da área da engenharia.

Na fase de criação e estabelecimento de um SGE a revisão energética, também designada “revisão energética inicial”, constitui-se de um passo decisivo que sucede à definição do gestor energético e da composição da equipe de gestão da energia durante o estabelecimento de um SGE.

Trata-se de um “processo chave” que “abre as portas” para a organização analisar o uso e consumo de energia de suas instalações, identificar as áreas de uso significativo de energia, determinar seu desempenho energético atual, estimar o uso e consumo de energia futuros, identificar e registrar as oportunidades de melhoria de desempenho energético existentes. As informações obtidas na etapa da revisão energética são fundamentais para as etapas posteriores do SGE, e auxiliarão no estabelecimento da linha de base energética (LBE), na identificação de indicadores de desempenho energético (IDE) e na definição dos objetivos, metas e planos de ação para o SGE (NBR ISO 50001, 2011).

Inicialmente, a engenharia deve verificar a necessidade de contratação de uma empresa de serviços de conservação da energia (ESCO) para dar apoio às atividades de revisão energética. Caso não haja a necessidade de contratação de ESCO para tal, a engenharia deve assumir a responsabilidade de realizar a revisão energética (RE).

Também é responsabilidade da engenharia, analisar e definir quais simuladores (*Software Tools*) são adequados para auxiliar na diagnose, modelagem, e análise estatística do sistema energético onde será implementado o SGE.

Simuladores são ferramentas computacionais utilizadas como auxílio no planejamento energético, na procura por oportunidades de eficiência energética e na realização de projetos de eficiência (BUNSE et al., 2011).

Os *software tools* podem ser disponibilizados gratuitamente por entidades governamentais em países que possuem sistemas desenvolvidos de gestão da energia (Japão, Estados Unidos, Dinamarca, Brasil, Reino Unido, entre outros), das quais destacam-se o DOE AMO (*Department of Energy Advanced Manufacturing Office*) e *Energy Star* nos Estados Unidos e o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) no Brasil. Tais ferramentas computacionais podem também ser desenvolvidas e comercializadas por empresas privadas atuantes na área de melhorias do desempenho energético de organizações.

Dentre as dezenas de simuladores que podem ser aplicados a indústrias e são disponibilizados pelo DOE AMO nos Estados Unidos, destacam-se:

- *AIRMaster+*: Ferramenta *on-line* que auxilia na análise do uso da energia e permite identificar oportunidades de melhorias em sistemas industriais de ar comprimido;
- *Energy Performance Indicator Tool*: Ferramenta de análise que permite estabelecer a linha de base de consumo energético, bem como mapear o progresso anual de melhoria da eficiência energética em plantas industriais;
- *Fan System Assessment Tool*: Ferramenta *on-line* que permite avaliar o consumo energético e identificar oportunidades de melhorias em sistemas industriais de ventilação.

E dentre os simuladores disponibilizados pelo PROCEL, destacam-se (PROCEL, 2017):

- *BDmotor*: Programa para avaliação de comparação e dimensionamento de motores elétricos;

- DiaLUX: *Software* para cálculo luminotécnico, permite avaliar a eficiência energética dos sistemas de iluminação em edificações residenciais, comerciais e industriais;
- Domus: *Software* de simulação higrótérmica e energética para edificações (comerciais e industriais).

Durante a realização da revisão energética, a engenharia deve, inevitavelmente, envolver duas áreas de especialidades: engenharia elétrica e engenharia mecânica, podendo também contar com a engenharia de produção/produtos como auxílio na realização das tarefas desta etapa.

A área funcional da engenharia com especialidade no campo da engenharia elétrica encarrega-se de avaliar o suprimento de energia elétrica na forma do contrato de fornecimento com a concessionária de energia local. Caso a empresa adquira energia no mercado livre, os contratos da comercializadora de energia elétrica devem ser revisados (SORRELL, 2007). Nestes contratos, os riscos e a segurança no suprimento devem ser previstos e, se possível, deve-se buscar a renegociação de preços e modalidades tarifárias.

A análise do suprimento energético de grandes indústrias impõe a necessidade da instalação de sistemas eletrônicos de medição e monitoramento (SEMMEs), avaliação da qualidade da energia utilizada e o gerenciamento de utilidades (água, gás, combustíveis) e de parâmetros ambientais.

Os SEMMEs são equipamentos capazes de medir e monitorar as diversas formas de energia consumidas pela planta, realizando medições em tempo real e com recursos totais via web. No caso da organização não dispor destes equipamentos, a área funcional da engenharia deverá relatar tal situação ao gestor energético e solicitar ao departamento de compras a aquisição dos mesmos.

A fim de fornecer análises automáticas em tempo real do consumo energético e de utilidades em instalações industriais, os SEMMEs operam em conjunto com *software* próprios e específicos que monitoram os processos existentes de forma a permitir a verificação da evolução do consumo energético ao longo do tempo.

A utilização de SEMMEs permite:

- Acompanhar com precisão os custos referentes aos insumos energéticos;
- Evitar eventuais multas relacionadas à ultrapassagem de consumo em contratos de demanda;

- Medir parâmetros elétricos (tensão, corrente, frequência, potência consumida, fator de potência, entre outros);
- Avaliar a qualidade da energia;
- Quantificar e gerenciar emissões de poluentes e resíduos (parâmetros ambientais);
- Quantificar precisamente o consumo energético por setor (medição setorial).

A medição setorial, do inglês *sub-metering*, diz respeito à medição individual do consumo energético de cada uma das unidades ou processos da planta, seja para fins de rateio de consumo, atribuindo a parcela correta de consumo energético para cada centro de custo, ou para fins de verificação setorial de índices para a compreensão sobre variações no consumo energético diário e anual.

Alguns dos sistemas eletrônicos de medição e monitoramento disponíveis no mercado podem realizar a medição setorial, se instalados individualmente nos painéis elétricos que alimentam os diversos processos ou unidades da planta.

Assim, pode-se identificar e monitorar os setores que possuem maior consumo energético, que requerem atenção especial ao tomar ações de melhoria da eficiência energética, e acompanhar a evolução do consumo energético resultante de tais ações.

Segundo THOLLANDER e OTTOSSON (2010), “um sistema de monitoramento que utiliza medição setorial no nível da planta é um dos principais pré-requisitos para a alocação adequada de custos de energia e adoção de um sistema de gestão da energia bem sucedido”.

A partir dos dados e medidas obtidos pelos SEMMEs, é possível analisar o uso e consumo de energia na planta. Tal análise deve ser realizada pela área funcional da engenharia com especialidade no campo da engenharia elétrica, por meio de balanços energéticos, gráficos de Pareto ou análises de risco e prioridades de custo, e permite identificar o uso significativo de energia e as oportunidades de eficiência energética existentes na planta.

Entre as principais grandezas aferidas pelos SEMMEs destacam-se: tensão, corrente, potências (ativa e reativa) e fator de potência. A fim de automatizar, facilitar e complementar a gestão ambiental, alguns dos modelos de SEMMEs disponíveis no mercado também são capazes de monitorar e medir parâmetros ambientais como uso e consumo de água, emissões de poluentes, dejetos, efluentes, entre outros. Dessa forma, a utilização de tais equipamentos torna-se indispensável para uma gestão da

energia completa e eficaz. Para uma melhor compreensão dos tipos de SEMMEs um quadro comparativo é mostrado no Apêndice C.

Após a análise do suprimento energético, verifica-se a viabilidade de geração distribuída e cogeração nas suas diversas possibilidades na planta. Geração Distribuída (GD) é a expressão utilizada para designar a geração de energia elétrica de forma descentralizada, realizada junto ou próxima de onde a energia será utilizada, estando regulamentada no Brasil através do decreto nº 5.163/04 (BRASIL, 2004). A GD engloba as tecnologias de geração: (i) solar; (ii) eólica; (iii) hidrelétrica com potência menor ou igual a 30 MW; (iv) termelétrica com rendimento superior ou igual a 75%; (v) termelétrica que utilize biomassa ou resíduos de processo como combustível; (vi) Armazenamento de Energia - No escopo do domínio da geração distribuída pode-se incluir o armazenamento de energia nas suas diversas formas, tais como: baterias, capacitores, volantes (*flywheels*). etc

A área funcional da engenharia com especialidade no campo da engenharia mecânica deve analisar o suprimento de gás e outros combustíveis relevantes, com foco nos contratos de fornecimento (envolvendo a análise de segurança e riscos no suprimento energético). A busca por renegociações nos preços destes insumos também fazem parte das responsabilidades do campo da engenharia mecânica (SORRELL, 2007).

Além disso, a área funcional da engenharia com especialidade no campo da engenharia mecânica deve avaliar os consumos significativos de gás, vapor, calor e ar comprimido, utilizando-se de planilhas eletrônicas e demais ferramentas disponíveis (*software tools* semelhantes aos utilizados pela área funcional da engenharia com especialidade no campo da engenharia elétrica). Nesta etapa, a possibilidade da instalação de sistemas de cogeração também deve ser avaliada.

A cogeração de energia é um processo de geração combinada de calor e eletricidade, que permite elevar o aproveitamento da energia contida nos combustíveis utilizados nesse processo. Os sistemas de cogeração mais utilizados são turbinas a gás ou vapor, motores de combustão interna, caldeiras de recuperação e trocadores de calor.

Nos sistemas de geração térmica convencionais, cerca de sessenta e cinco por cento da energia contida nos combustíveis (geralmente fósseis) é dissipada na forma de calor, e apenas trinta e cinco por cento é de fato convertida em energia elétrica. Ao implantar um sistema de cogeração, por meio de processos de

aproveitamento de calor, é possível aproveitar até oitenta e cinco por cento da energia contida nos combustíveis.

A utilização de sistemas de cogeração permite aliar benefícios econômicos e ambientais, ao gerar eletricidade e calor com baixo custo e perdas reduzidas, alta confiabilidade e baixas emissões de GEE.

Durante a realização da RE, a área funcional engenharia pode também envolver o campo da engenharia de produção/processos para relatar as oportunidades de minimização de perdas nos processos industriais e possibilidades de otimização. A engenharia de produção pode ainda se responsabilizar pela Análise do Ciclo de Vida – ACV.

Segundo a norma ISO 14040 (2001), a ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a aquisição das matérias-primas, passando pela produção e uso até a disposição (“do berço ao túmulo”). A ACV auxilia na identificação de oportunidades de melhorias nos aspectos ambientais de produtos ao longo de seu ciclo de vida, na tomada de decisões na indústria, na seleção de indicadores de desempenho ambiental (incluindo técnicas de medição) e no marketing. A utilização da ACV permite ainda avaliar os insumos e os resultados dos processos individuais em toda a planta, de forma que os processos e projetos de eficiência energética sejam coordenados com os objetivos e metas energéticas (planejamento energético) do SGE (AFLAKI, KLEINDORFER e POLVORINOS, 2013).

5.2.5.3.2.4 Intra – Organizacional – AF Manutenção

A área funcional da manutenção possui importância fundamental na operação e gestão da energia na indústria. Segundo TURNER e DOTY (2007), uma eficiente equipe de manutenção pode gerar grande economia ao reduzir perdas energéticas, além de evitar custos adicionais provenientes da necessidade de substituição de equipamentos em decorrência de quebra (manutenções preventiva e preditiva).

Para o objeto de estudo deste trabalho, a área funcional manutenção foi dividida em duas áreas de especialidades: elétrica e mecânica. No entanto, de acordo com o tipo, necessidades e características de cada indústria, esta área funcional pode ser subdividida de diferentes formas.

A manutenção mecânica é responsável pelos processos industriais que envolvem calor, vapor, ar comprimido e gás, enquanto a manutenção elétrica é responsável pela operação, manutenção e acompanhamento diário dos dados obtidos pelos sistemas eletrônicos de medição e monitoramento de energia – SEMMEs.

Constitui-se de responsabilidade da área funcional manutenção, além das atribuições rotineiras de intervenções corretivas, preventivas e preditivas, tarefas como a verificação das condições operativas e identificação de perdas energéticas nas suas mais diversas formas nos equipamentos da planta. Esta situação requer instrumentos de manutenção específicos para o SGE.

Tais instrumentos de manutenção possuem duas funções básicas: auxiliar na verificação das condições operativas e no monitoramento *on-line* de equipamentos (TURNER e DOTY, 2007). Os instrumentos são classificados de acordo com as grandezas que são capazes de medir e detectam anormalidades de operação em dispositivos e equipamentos, como: trepidações, variações de velocidade, pressão, temperatura, parâmetros elétricos, entre outros. No que diz respeito à eficiência energética, são relevantes os instrumentos capazes de detectar perdas energéticas como quedas de tensão, fugas de corrente elétrica, vazamentos de ar comprimido, vapor, gás, água, calor, entre outros (CAPEHART, TURNER e KENNEDY, 2003). Os instrumentos de manutenção utilizados para a gestão da energia na indústria são mostrados na Tabela 31.

Tabela 31 – Instrumentos de Manutenção.

| Sistema | Instrumento | Parâmetro Medido |
|---|---|---|
| Estrutura civil (envoltória) | Termovisor | Perdas de calor |
| Vapor e aquecimento de água | Termômetro | Temperatura |
| Aquecimento, Ventilação e Condicionamento de ar | Estetoscópio | Ruídos |
| | <i>Flow Hood</i> e tubo de Pitot | Fluxo de ar |
| | Manômetro e tubo de Bourdon | Pressão |
| | Termômetro | Temperatura |
| | Medidor de vazão de orifício | Vazões de ar ou vapor |
| Elétrico | Psicrômetro | Umidade |
| | Multímetro alicate; wattímetro; medidor de fator de potência | Tensão, corrente e resistência ôhmica; potência ativa consumida; fator de potência |
| | Analizador de qualidade de energia elétrica / medidor de energia elétrica multifunção (<i>power analyzer</i>) | Potência elétrica (aparente, ativa e reativa), fator de potência, tensão, corrente, frequência, distorções harmônicas, transitórios, entre outras grandezas |
| Iluminação | Luxímetro industrial | Iluminância |
| Compressores de ar | Manômetro | Pressão de óleo e ar |
| | Estetoscópio e câmera infravermelha | Desgaste de rolamentos |
| | Estroboscópio | Vibração |

Fonte: CAPEHART (2003), adaptado pelo autor (2018).

Aos instrumentos de manutenção regularmente utilizados, dispostos na tabela 31, podem ser acrescentados outros tipos específicos para aplicações de processos industriais nas indústrias energo-intensivas.

5.2.5.3.2.5 Intra – Organizacional – AF Produção

A área funcional da produção é uma das áreas centrais para uma organização, pois produz os bens e serviços que são a razão da sua existência (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

A produção, além de se ocupar com suas atribuições rotineiras, tais como estratégia e planejamento de produção, projeto de produtos e serviços, sistemas de produção, estudo de tempos e movimentos, arranjos produtivos, ergonomia, etc., passa também, no cenário de um sistema de gestão da energia, a analisar, quando necessário, a otimização dos processos industriais (CAPEHART, TURNER e KENNEDY, 2003).

A otimização dos processos industriais diz respeito à melhoria contínua de todas as etapas dos processos, de forma a melhorar índices de desempenho locais e globais, maximizar produtividade e segurança e minimizar custos operacionais.

A melhoria da eficiência energética de um sistema ou processo é um passo essencial para o controle do consumo de energia e dos custos energéticos (GIACONE e MANCÒ, 2012).

As atividades de otimização precisam envolver ao menos os seguintes sistemas industriais, quando existentes: (i) elétrico; (ii) calor; (iii) vapor; (iv) ar comprimido; (v) gás.

5.2.5.3.2.6 Intra – Organizacional – AF Administração

A área funcional da administração entre outros papéis e responsabilidades na organização, no que se refere a um sistema de gestão da energia pode contribuir em diversas atividades e ter as seguintes atribuições.

- Recursos Humanos: Contratar profissionais capacitados para realizar a educação (treinamento), garantir a segurança e saúde ocupacional dos colaboradores da

organização, divulgação da criação da equipe de gestão da energia e de fatos relevantes a respeito do SGE para toda a organização (SCHULZE et al., 2016);

- Compras: Contratar ou disponibilizar profissionais com capacitação técnica suficiente para especificar e gerir os contratos de compra de energia e equipamentos para o SGE (NBR ISO 50001, 2011; PRICE, WANG e YUN, 2010; SORRELL, 2007);
- Serviços gerais (*housekeeping*), manutenção em instalações prediais (elétricas, hidráulicas, entre outros) (ABDELAZIZ, SAIDUR e MEKHILEF, 2011; WORRELL et al., 2008);
- Administração da frota de veículos com fins de otimização de desempenho energético: veículos elétricos, híbridos e utilização de combustíveis alternativos (células combustíveis, biodiesel, etanol, entre outros).

5.2.5.4 Elaboração do Mapa Conceitual

No estudo para elaboração e construção de um mapa conceitual para um processo de gestão da energia, verifica-se que um mapa conceitual estruturado em teia (*spider*) é o mais adequado para explicitar as relações existentes entre os atores (organizações externas e áreas intra-organizacionais) envolvidos no sistema de gestão da energia proposto. O mapa conceitual completo, que aglutina e explicita as relações existentes entre as áreas funcionais intra-organizacionais e organizações externas envolvidas no processo de GE nas IEI, está apresentado a seguir na figura 84.

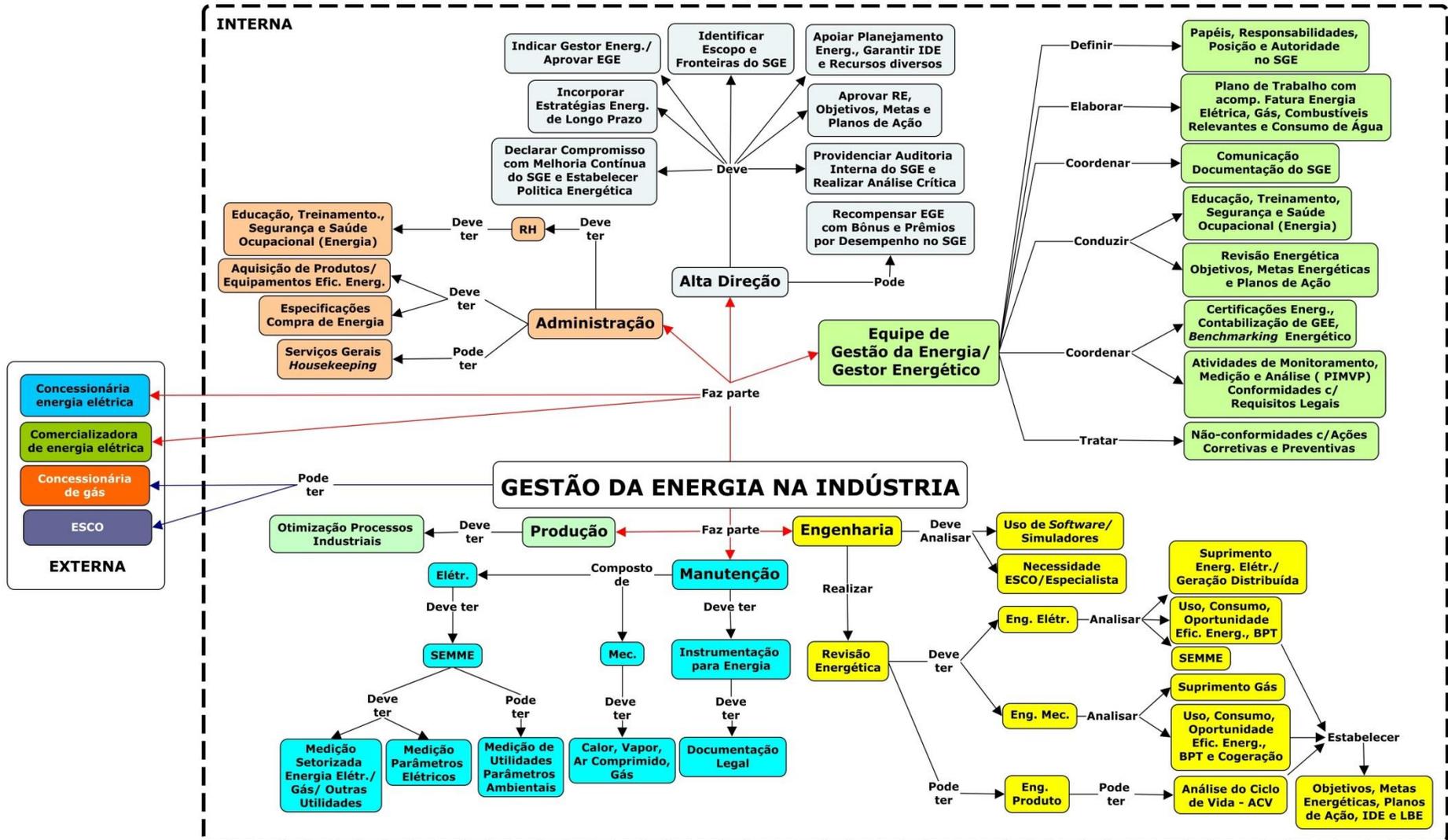


Figura 84 – Mapa conceitual do Sistema de Gestão da Energia
 Fonte: O autor, 2018.

5.2.5.5 Síntese da elaboração mapa conceitual

Foi elaborado um mapa conceitual em estrutura em “teia” (*spider*) por ser o mais adequado para representar a forma como o SGE proposto se apresenta (modo como as organizações externas e internas se relacionam entre si). Por outro lado, esta estrutura implica em uma maior complexidade para a conexão (interligação) dos conceitos das diferentes áreas funcionais envolvidas no SGE, que entretanto puderam ser dispostas apropriadamente permitindo um pleno entendimento dos conceitos envolvidos.

O mapa conceitual desenvolvido, resultado do trabalho de mapeamento, representa um SGE para a IEI de forma clara (conceitual e visualmente), ordenada, unificada, harmoniosa e com equilíbrio na distribuição de seus elementos, funcionando como um passo inicial na criação de uma ontologia para esta área de conhecimento.

5.2.6 MODELAGEM DO PROCESSO DE REVISÃO ENERGÉTICA

A etapa seguinte ao desenho (concepção) de processo para o SGE no ciclo de vida BPM designa-se de modelagem.

Com respeito à modelagem dos processos, relacionou-se as seguintes situações:

- (i) A necessidade de conformidade com uma proposição inicial de um projeto organizacional para um SGE em que se destaca a relevância do processo “chave” (mais importante) designado Revisão Energética (RE).
- (ii) A dificuldade e complexidade em modelar todos os processos envolvidos no SGE.

Assim sendo seleciona-se o processo da RE para a etapa da modelagem, considerando que é o processo chave para o planejamento energético (etapa plan do ciclo PDCA) e desencadeador de várias ações importantes para o SGE.

A RE é a determinação do desempenho energético da organização, baseado em dados e em outras informações, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria. Também é descrita, em algumas situações, como auditoria energética ou diagnóstico energético.

A RE (inicial) caracteriza-se, no entendimento deste trabalho, como uma situação de “avaliação da situação atual” com determinação de ações técnicas e gerenciais importantes e decisivas para a criação, organização e condução de um processo de gestão da energia na indústria, sob a dimensão do gerenciamento de processos de negócio ou BPM.

5.2.6.1 Mapeamento e descrição do processo da Revisão Energética (RE)

1º Passo - A EGE solicita à área da engenharia a realização de uma RE inicial, atividade que se constitui de um pilar do planejamento energético e processo chave para a GE.

2º Passo - A engenharia verifica necessidade de contratação de ESCO ou especialistas para dar apoio nas atividades de RE. Na condição de contratação de ESCO, a engenharia define as atividades a serem realizadas por esta organização externa.

3º Passo - A engenharia avalia: (i) suprimento de energia elétrica, gás e outros insumos energéticos relevantes; (ii) a viabilidade de utilização de Geração Distribuída (GD) nas suas diversas possibilidades (geração fotovoltaica, eólica, biomassa, etc.); (iii) a viabilidade de utilização da cogeração (geração simultânea de duas formas de energia).

4º Passo - A engenharia verifica: (i) disponibilidade de Sistema Eletrônico de Medição e Monitoramento de Energia (SEMME) e Medição Setorizada; (ii) uso e consumo significativo de energia elétrica, gás e outros combustíveis; (iii) disponibilidade de *software* de simuladores.

5º Passo - Identifica-se o uso, consumo e as oportunidades de eficiência energética. A engenharia consulta as áreas funcionais da manutenção e produção e recebe relatórios com: (i) indicadores de defeitos de equipamentos (final de vida útil), (ii) documentação legal (prontuário das instalações elétricas) e (iii) oportunidade de otimizar processos industriais na área de produção. A engenharia sintetiza os dados através de *software* apropriados e estabelece as LBE e IDE.

6º Passo - A engenharia define os objetivos, metas energéticas, planos de ação de acordo com os dados sintetizados e da LBE e IDE estabelecidos.

7º Passo - Os objetivos, metas e planos de ação são encaminhados para a EGE que analisa e que na condição de estarem de acordo encaminha para aprovação da AD, caso contrário devolve à área de engenharia para reanálise. Após aprovado, a AD divulga para toda a organização e repassa para a EGE implementar os objetivos, metas e planos de ação.

5.2.6.2 Diagrama Supplier, Input, Process Output, Customer (SIPOC)

A representação dos elementos que compõem o diagrama *Supplier, Input, Process, Output, Customer* (SIPOC), são apresentados no escopo do processo da RE na Figura 85. Estão detalhados: nome e dono do processo; missão; atores envolvidos; leis e normas; indicadores; fornecedores, entradas, processos, saídas e consumidores (o SIPOC propriamente dito).

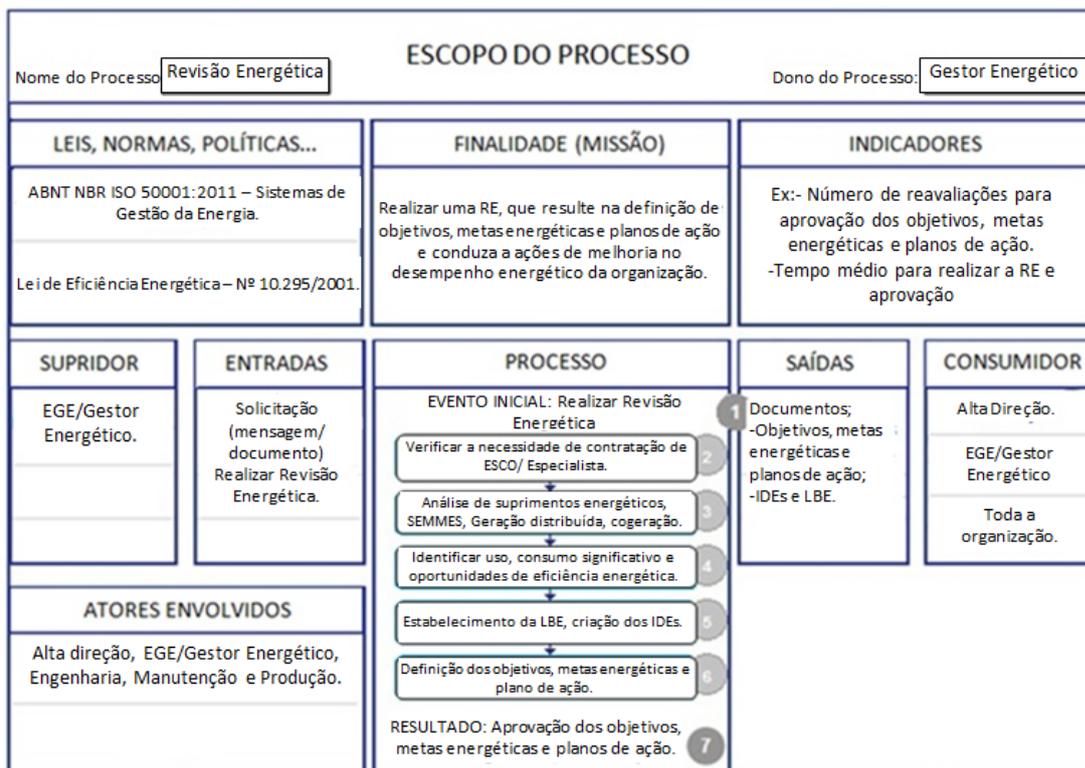


Figura 85: Diagrama da Ferramenta SIPOC.
Fonte: O autor, 2018.

5.2.6.3 Modelagem do processo da Revisão Energética na notação BPMN

A modelagem do processo da RE realizada na notação BPMN no *software Bizagi Process Modeler* e disposta no Apêndice E, tem como ferramenta de apoio o

diagrama SIPOC. A representação do processo inicia com a EGE definindo a realização da RE pela engenharia e finaliza com a aprovação da AD e retorno à EGE para implementação dos objetivos, metas energéticas e planos de ação.

A execução deste processo está disposta nos seguintes elementos de modelagem: (i) um *pool* que representa o processo da RE; (ii) sete subdivisões (*milestones*) das fases do processo; (iii) cinco raias (*lanes*) representando as áreas funcionais da AD, EGE/gestor energético, engenharia, manutenção e produção; (iv) dez *gateways* que definem os caminhos que o fluxo deve seguir até o próximo passo; (v) vinte e seis atividades a serem executadas; (vi) um evento de início e dois eventos de fim. As atividades que compõem o processo da RE já foram descritas na seção 4.5.2.3.

A operacionalização e detalhamento dos passos para o funcionamento do *software Bizagi* não está contemplado no texto, entretanto não oferece maiores dificuldades para usuários e designers de processos.

5.2.7 AVALIAÇÃO ORGANIZACIONAL PARA UM SGE EM UMA IEI

Com relação ao SGE na IEI, principalmente em países em desenvolvimento, constatam-se as seguintes situações: (i) reduzida aplicação de práticas de gestão da energia na indústria brasileira; (ii) reduzida difusão da norma de SGE ISO 50001 publicada em abril de 2011 no Brasil sendo que atualmente (maio de 2017) apenas 33 empresas estão certificadas contrastando com resultados positivos obtidos em outros países. Ex: Alemanha 5931 empresas certificadas.

Usam-se os termos “Avaliação Organizacional” ou “Diagnóstico Organizacional” para designar uma investigação que, desenhada sobre conceitos, modelos e métodos científicos, examina o estado atual de uma organização, auxiliando-a a encontrar soluções para seus problemas ou, ainda, alcançar maior eficácia (HARRISON e SHIROM, 1999).

A proposição de um procedimento para avaliação do potencial organizacional de uma empresa para implantar um SGE utilizando os recursos e ferramentas da engenharia organizacional apresenta-se como uma oportunidade de contribuir para disseminar as práticas de um SGE muito fracamente implementadas em países em desenvolvimento (inclusive o Brasil).

Assim sendo um dos objetivos específicos da pesquisa direciona-se para avaliar o potencial de uma determinada empresa sem certificação ISO 50001 para implantar um processo de um SGE

5.2.7.1 Uso das diretrizes da engenharia organizacional

Com respeito à formulação das doze diretrizes da engenharia organizacional por DESCHAMPS (2013) destaca-se que podem ser utilizadas para realizar um diagnóstico ou desenho (redesenho) de um processo qualquer. Nestas condições as principais intenções são (i) guiar uma concepção de processo para o SGE, tal que obtenha uma adequada estruturação, (ii) avaliar se determinado processo está bem estruturado.

A aplicação das diretrizes da EO no diagnóstico de um processo em operação foi realizado com sucesso (útil e factível) em cinco oportunidades em organizações dos EUA e do Brasil conforme o Quadro 25. Também, permitiu identificar nos processos diagnosticados, oportunidades de melhoria.

Quadro 25 – Resumo das aplicações das diretrizes da EO

| DRP | BPU | ISISU | PSP | PDP |
|---|--|--|---|--|
| Processo de resposta a desastres (DRP) um hospital em uma organização de saúde nos EUA. | Unidade de programas de benefícios (BPU) de uma administração municipal nos EUA. | Unidade de suporte à infra-estrutura de sistemas de informação de uma unidade de negócios de empresas de petróleo e gás nos EUA. | Processo de programação da produção de um grande fabricante de produtos cosméticos no Brasil. | Processo de desenvolvimento de produto (PDP) de um fabricante de eletrodomésticos nos EUA. |

Fonte: DESCHAMPS (2013), adaptado pelo autor (2018).

Todavia ainda não havia aplicações das diretrizes para o desenho (concepção, projeto) de um processo qualquer. Assim sendo como decorrência dos objetivos desta pesquisa, aliando-se os interesses de avançar com entendimento da gestão da energia e da utilização das diretrizes da EO procedeu-se a concepção (criação) de um processo para a GE na IEI conforme descrito na seção 5.2.

5.2.7.2 Uso das ações técnicas e gerenciais recomendadas

Neste trabalho de pesquisa (seção 5.1) foi proposto e referendado por especialistas um conjunto de 40 ações técnicas e gerenciais recomendadas para criar, organizar e conduzir um SGE na IEI. Portanto o interesse da pesquisa direciona-se para também utilizar as ações técnicas e gerenciais recomendadas (entretanto adequadas e limitadas a somente doze ações para permitir um procedimento manuseável nos questionários de avaliação).

5.2.7.3 Procedimento de avaliação organizacional para o SGE

A criação de um procedimento metodológico de avaliação do potencial organizacional de uma empresa que não disponha de certificação ISO50001 utiliza uma composição das diretrizes da EO e das ações técnicas e gerenciais recomendadas.

Entende-se que as aplicações das diretrizes da EO e das ações técnicas e gerenciais recomendadas são complementares. Quando são usadas para diagnosticar um sistema organizacional (empresarial), as diretrizes da EO revelam o quão bem estruturado aquele sistema está ou poderia estar, isto é, o potencial que ele tem para ter sucesso. Por outro lado, a avaliação das ações técnicas e gerenciais recomendadas fornece uma medida de quão bem um processo de gestão da energia poderá trabalhar, ou seja, o potencial que tem para gerar uma boa gestão da energia.

Portanto a avaliação do potencial organizacional está inserida em um contexto de auditoria da manufatura expressado na forma de um procedimento de coleta e análise de dados conforme as seguintes premissas (i) metodologia do estudo de caso e pesquisa ação. (ii) abordagem de processo de *Cambridge*.

5.2.7.3.1 Procedimento de coleta e análise de dados

O procedimento de coleta e análise de dados previstos para ser utilizado em um estudo de caso desenvolve-se em seis etapas: (i) adaptações das diretrizes da EO e das ações técnicas e gerenciais recomendadas; (ii) criação de folhas tarefa para auxiliar no processo de coleta de dados; (iii) coleta de dados usando as planilhas através de múltiplas fontes de informação; (iv) avaliação da qualidade da evidência dos requisitos de informação; (v) avaliação de alinhamento às diretrizes; e (vi) análise

das principais questões e a identificação das oportunidades de melhoria. A descrição dos procedimentos de coleta e análise de dados, é demonstrada na Figura 86.

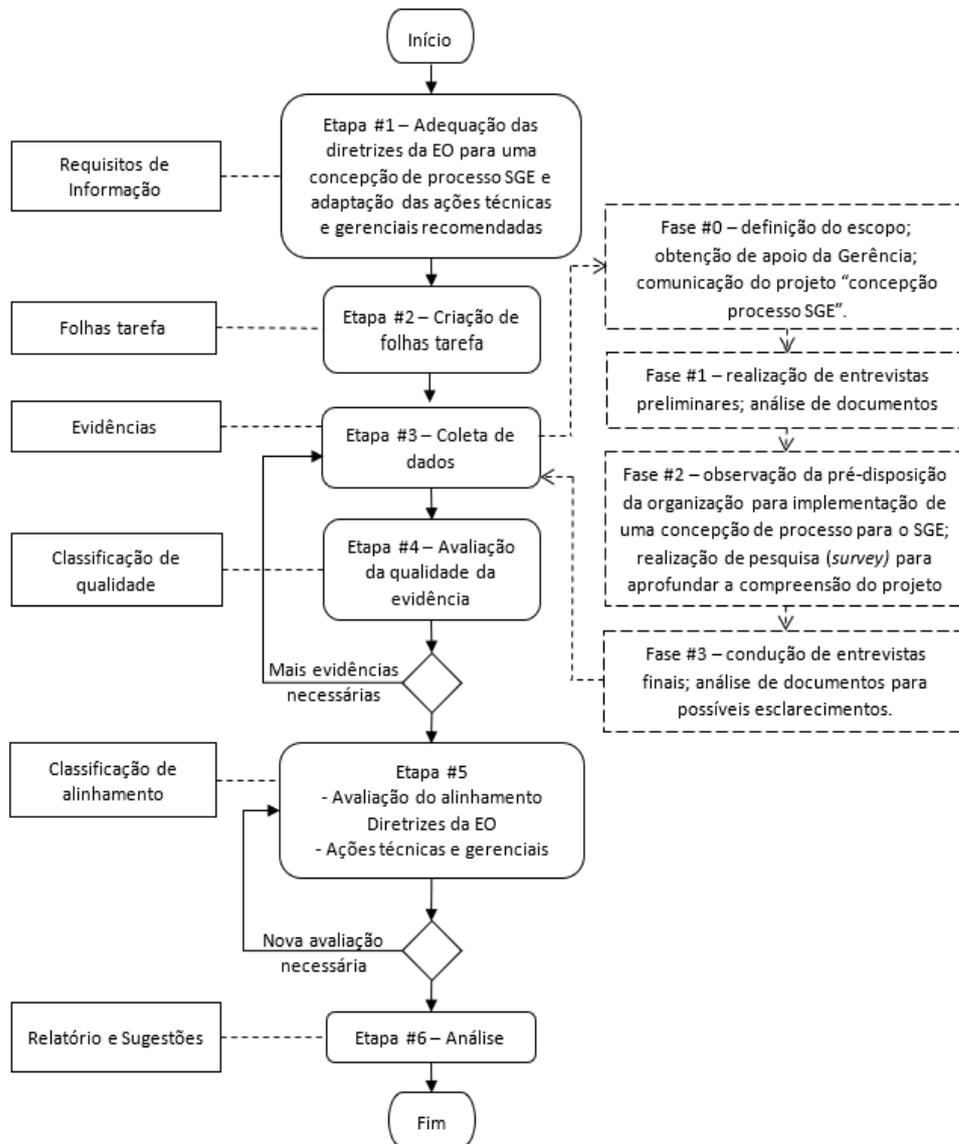


Figura 86 - Definição de Procedimento e Coletas de Dados.
Fonte: DESCHAMPS (2013), adaptado pelo autor (2018).

Na primeira etapa realiza-se a adequação das diretrizes da engenharia organizacional propostas por DESCHAMPS (2013) e a adaptação das ações técnicas e gerenciais recomendadas desenvolvidas neste trabalho e dispostas no Capítulo 5.

Na segunda etapa, é realizada a seleção das fontes de dados para os requisitos de informação e a criação das folhas tarefas, sendo estabelecida a utilização dos recursos das seguintes fontes de evidências: (i) documentos; (ii) entrevista; (iii) *survey*; (iv) observação; (v) ações técnicas e gerenciais recomendadas.

Terceira etapa: a coleta de dados. O procedimento está estruturado em quatro fases principais: (i) fase #0 o escopo de intervenção é definido, o apoio da administração é obtido e é comunicado o projeto a todas as pessoas envolvidas; (ii) fase #1 - entrevistas preliminares explicando as fases do processo com um representante da alta direção, um representante com a função de gestor energético, um representante da área da engenharia e um representante da área da manutenção são conduzidas através da análise de documentos com objetivo de descobrir informações sobre o processo; (iii) fase #2 é observada a pré-disposição da organização para implementação de uma concepção de processo para o SGE, um *survey* é conduzido para extração de informações dos entrevistados sobre o processo para o SGE ; (iv) fase #3 - entrevistas finais com os representantes das quatro áreas são conduzidas ao longo da análise de documentos com objetivo de obter detalhes e esclarecimento de dúvidas..

A quarta etapa é conduzida a avaliação da qualidade da evidência, e da eventual necessidade de novas evidências.

A quinta etapa é a avaliação de alinhamento das diretrizes da EO e verificação das ações técnicas e gerenciais recomendadas, verificando se está coerente e se uma nova avaliação é necessária.

A sexta é a etapa da análise com os resultados obtidos na quinta etapa, com emissão de relatório e sugestões.

Este procedimento baseia-se na abordagem de processo de Cambridge inicialmente desenvolvido para auditar processos de formulação de estratégia da manufatura (PLATTS e GREGORY, 1990; PLATTS, 1993; PLATTS, 1994; PLATTS et al., 1996), que posteriormente foi ampliado para utilização em diversas outras áreas de aplicação. Em particular, devem ser observados quatro aspectos principais:

- Procedimento: deve existir um processo bem definido para analisar informações, coletar dados e identificar oportunidades de melhoria, bem como documentação clara de todas essas tarefas.
- Participação: as pessoas necessárias em todas as etapas do procedimento devem ser envolvidas e convidadas a participar.
- Gerenciamento de projetos: deve haver uma clara divisão de responsabilidades entre as pessoas que participam da intervenção e o uso de recursos adequados.

- Ponto de entrada: as expectativas da intervenção devem ser claramente definidas e deve haver comprometimento dos gerentes para que a intervenção seja bem-sucedida.

As seis etapas do procedimento utilizado neste trabalho são discutidas a seguir.

Etapa 1.1 Adaptação das diretrizes da engenharia organizacional

Para avaliação de um sistema organizacional de uma empresa e obtenção de seu posicionamento perante uma proposição de processo em uma possível futura implantação de um SGE, é necessária a reunião de evidências mostrando como o sistema organizacional, em estudo está estruturado e como poderia funcionar.

Para que sejam coletadas as evidências apropriadas, os requisitos de informação para cada uma das diretrizes da EO propostas precisam ser definidos. Esta atividade é realizada através de uma abordagem de decomposição em que os itens de informação reunidos foram identificados de acordo com a literatura em que foram baseados. Primeiro, as diretrizes são divididas em pontos de análise com base no mapa conceitual que as acompanha (Figura 76), que ilustra os relacionamentos entre seus elementos, de modo que todos os seus diferentes aspectos foram considerados. Em seguida, esses pontos de análise são divididos em um conjunto de requisitos de informação que fornece a evidência necessária para sua avaliação. As diretrizes da EO adaptadas de DESCHAMPS (2013) estão dispostas na Tabela 32.

Tabela 32 - Diretrizes de Engenharia Organizacional.

| # | Diretrizes |
|----|---|
| 1 | Desenho e execução de processos devem estar alinhados com o contexto organizacional |
| 2 | Pessoas envolvidas em um processo devem participar de seu desenho |
| 3 | Os processos devem ser claramente definidos |
| 4 | A capacidade dos recursos em um processo devem estar alinhadas com o desempenho esperado do processo |
| 5 | Estruturas de informação devem basear-se em padrões abertos para garantir a interoperabilidade com diferentes sistemas |
| 6 | Especificações para os canais de interface dentro de uma cadeia de valor de processo devem ser definidas |
| 7 | Os modelos de processos e seus elementos devem ser reutilizáveis em toda a organização e em sua cadeia de valor |
| 8 | Os processos devem suportar explicitamente o gerenciamento / controle (por exemplo, sincronização, tomada de decisão, delegação e coordenação) dentro de um processo e com outros processos |
| 9 | O desenho do processo deve abordar diferentes tipos de exceções |
| 10 | O projeto e a execução do processo devem incorporar mecanismos para detecção / controle de detecção de mudança / melhoria / gerenciamento |
| 11 | A semântica do processo deve ser coerente e consistente em todos os processos |
| 12 | Informações relacionadas ao desempenho do processo devem ser coletadas |

Fonte: DESCHAMPS (2013), adaptado pelo autor (2018).

O Quadro 26 lista os pontos de análise e os requisitos de informação resultantes desta decomposição.

Quadro 26 – Decomposição das diretrizes.

| # | Ponto de análise | Requisitos de informação |
|---|---|--|
| 1 | Em que medida/extensão a concepção de processo do SGE e sua execução estão alinhadas com o contexto organizacional (por exemplo metas organizacionais, valores organizacionais, cultura organizacional, desempenho organizacional, tecnologia e pessoas) | a) Objetivos do processo |
| | | b) Objetivos organizacionais relacionados com o processo |
| | | c) Medidas de desempenho do processo |
| | | d) Medidas de desempenho organizacionais relacionados com o processo |
| | | e) Metas de desempenho do processo |
| | | f) Metas de desempenho organizacionais relacionados com o processo |
| | | g) Tecnologia utilizada na organização |
| | | h) Tecnologia utilizada no processo |
| | | i) Cultura organizacional |
| | | j) Valores organizacionais |
| 2 | Em que medida/extensão as pessoas envolvidas na concepção de processo do SGE, incluindo as partes interessadas, possuem qualquer tipo de papel (ou seja, sugerindo / ser consultado / sendo responsável) na concepção do processo (isto é, desde a sua criação até quaisquer alterações feitas no processo) | a) Estrutura organizacional |
| | | b) Posições na estrutura organizacional envolvidas no processo |
| | | c) Posições na estrutura organizacional envolvidas no desenho do processo |
| | | d) Outras partes interessadas envolvidas no desenho do processo |
| | | e) Como as pessoas estão envolvidas no desenho do processo |
| | | f) Como os processos evoluíram |
| 3 | Em que medida/extensão a concepção de processo do SGE está claramente definida (por exemplo, objetivos, papéis, responsabilidades, capacidades, desempenho, informações e as interfaces) | a) Objetivos do processo |
| | | b) Papéis do processo |
| | | c) Posições na estrutura organizacional envolvidos em cada papel |
| | | d) Tarefas / atividades do processo |
| | | e) Responsabilidades de cada papel |
| | | f) Capacidades necessárias para cada função |
| | | g) Capacidades necessárias para cada tarefa / atividade |
| | | h) Medidas de desempenho do processo |
| | | i) Metas de desempenho do processo |
| | | j) Informações necessárias no processo |
| | | k) Interfaces dos processos |
| | | l) Especificações da interface |
| 4 | Até que grau / ponto as capacidades de recursos na concepção de processo do SGE estão alinhadas com o desempenho esperado do processo. | a) Metas de desempenho do processo |
| | | b) Funções do processo |
| | | c) Posições na estrutura organizacional envolvidos em cada função |
| | | d) Capacidades necessárias para cada função |
| | | e) Capacidades necessárias para cada posição |
| 5 | Se as estruturas de informação baseiam-se em padrões abertos para garantir a interoperabilidade com sistemas diferentes | a) Informações necessárias no processo |
| | | b) Sistemas com os quais a informação é trocada |
| | | c) Mapeamento de informações para outros sistemas |
| 6 | Se as especificações para as interfaces dentro de uma cadeia de valor do processo estão definidas | a) Interfaces do processo |
| | | b) Especificações da interface |
| 7 | Se modelos da concepção de processo do SGE e seus elementos devem ser compartilhados e reutilizáveis em toda a organização e sua cadeia de valor | a) Posições na estrutura organizacional com acesso a processar informações |
| | | b) Outras partes interessadas com acesso a processar informações |

| | | |
|----|---|--|
| | | c) Como as informações do processo são compartilhadas |
| 8 | Se a concepção de processo do SGE suporta o gerenciamento / controle dentro de um processo e outros processos | a) Mecanismos de sincronização presentes no desenho do processo |
| | | b) Mecanismos de decisão presentes no desenho do processo |
| | | c) Mecanismos de delegação presentes no desenho do processo |
| | | d) Mecanismos de coordenação presentes no desenho do processo |
| | | e) Outros mecanismos de gerenciamento / controle presentes no desenho do processo |
| | Se a implementação da concepção de processo do SGE suporta o gerenciamento / controle com outros processos | a) Mecanismos de sincronização usados no processo |
| | | b) Mecanismos de decisão utilizados no processo |
| | | c) Mecanismos de delegação utilizados no processo |
| | | d) Mecanismos de coordenação utilizados no processo |
| | | e) Outros mecanismos de gerenciamento / controle utilizados no processo |
| 9 | Se a concepção de processo do SGE deve tratar todas as exceções possíveis | a) Exceções que podem ocorrer durante a execução do processo |
| | | b) Exceções abordadas no desenho do processo |
| | | c) Exceções abordadas na implementação do processo |
| 10 | Se a concepção de processo do SGE incorpora mecanismos para a mudança / melhoria de detecção / gestão | a) Mecanismos de detecção de mudança / melhoria incorporados no desenho do processo |
| | | b) Mecanismos de gerenciamento de mudança / melhoria incorporados no desenho do processo |
| | Se a implementação de processo do SGE incorpora mecanismos para a mudança / melhoria de detecção / gestão | a) Mecanismos de detecção de mudança / melhoria utilizados no processo |
| | | b) Mecanismos de gerenciamento de mudança / melhoria utilizados no processo |
| 11 | Se a semântica do processo é consistente e coerente ao longo de todos os processos | a) Consistência de semântica de processo |
| | | b) Coerência de semântica de processo |
| 12 | Se a informação relacionada com o desempenho do processo deve ser coletado | a) Procedimento da coleta de informações de desempenho do processo |
| | | b) Informações de desempenho do processo |

Fonte: DESCHAMPS (2013), adaptado pelo autor (2018).

Etapa 1.2 Adaptação das ações técnicas e gerenciais recomendadas

Com o objetivo de facilitar o manuseio e a usabilidade das questões na entrevista e no *survey*, as ações técnicas e gerenciais recomendadas foram agrupadas e organizadas de forma reduzida e adequada.

Quadro 27 - Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas.

| # | Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas | HTO |
|----|--|-----|
| 1 | O Gestor energético deve ser líder, motivador, solucionador de problemas e com capacidade de tratar diferentes objetivos. | H |
| 2 | O Gestor energético deve ser experiente em questões energética e com disponibilidade para treinamento / certificação. | H |
| 3 | O Gestor energético deve ter habilidades sociais e capacidade de interconectar atividades entre diferentes grupos de trabalho. | H |
| 4 | A EGE deve ser multifuncional motivada em estrutura Ad hoc (propósito definido). | H |
| 5 | A EGE deve, juntamente com a Alta direção, definir papéis, responsabilidades, posição e autoridade para o desenvolvimento das atividades do SGE. | O |
| 6 | A EGE deve coordenar, na etapa de verificação, as atividades de monitoramento, medição, análise (preferencialmente usando o PIMVP ou ISO 50015) e avaliação de conformidades com requisitos legais. Devem ser tratadas as não conformidades com ações corretivas e preventivas. | O |
| 7 | A Alta direção deve declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE, estabelecer uma política energética, incorporar a estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas, providenciar auditoria interna no SGE e realizar análise crítica do SGE em tempos determinados. | O |
| 8 | A Alta direção deve apoiar o planejamento energético, garantir IDE e prover os recursos diversos (Inclusive softwares, TIC para integração do SGE a outros sistemas, exemplo: ambiental, qualidade, etc.). | O |
| 9 | A Empresa deve realizar a revisão energética inicial analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração; (iii) estabelecer a LBE e IDE. | O |
| 10 | A Empresa deve estabelecer na etapa da implementação e operações os seguintes requisitos para atender ao SGE: (i) educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (para conscientização e competências energéticas); (ii) comunicação; (iii) documentação. | O |
| 11 | A Empresa deve providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real. | T |
| 12 | A Empresa deve providenciar a medição setorizada de energia. | T |

H – Humano; T- Tecnológico; O – Organizacional

Fonte: O autor (2018).

As ações técnicas e gerenciais também podem ser classificadas em função de aspectos humanos, tecnológicos e organizacionais (HTO), permitindo outras considerações e análises sobre a influência no desempenho de um SGE.

A idéia conceitual de HTO, conforme EKLUND (2003), é que a maioria das atividades pode ser suficientemente descrita, analisada e compreendida a nível sistêmico, descrevendo as interações entre os principais componentes do sistema, humanos (H), tecnologia (T) e organização (O). "H" pode ser definido como a descrição do ser humano em quatro níveis sendo 1) um sistema de processamento de energia biológica; 2) um sistema de processamento de informações; 3) um sujeito psíquico com uma história única e 4) um membro de grupos sociais e culturas (DANIELLOU, 2001). "T" pode ser definido como meio para a transformação de entrada para saída usando artefatos, procedimentos e métodos, incluindo know-how (PORRAS & ROBERTSON, 1992). Finalmente, "O" pode ser definido como uma entidade social conscientemente coordenada, com uma fronteira relativamente identificável, que está trabalhando relativamente continuamente para alcançar metas comuns (ROBBINS, 1990).

O conceito HTO é hoje um conceito unificador bem estabelecido dentro da indústria nuclear sueca (STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETEN, 2014). O conceito inicialmente teve uma forte conexão com a segurança das usinas nucleares, mas, ao longo do tempo, adquiriu uma aplicação mais ampla. Hoje, inclui diferentes aspectos da interação entre os componentes H, T e O em várias operações e configurações relacionadas ao desempenho dos sistemas de produção, problemas de segurança e saúde, etc (BERGLUND & KARLTUN, 2007 e KARLTUN, 2014).

As ações técnicas e gerenciais recomendadas #1 a #4 são relacionadas com as componentes humanas do modelo HTO, enquanto que as recomendações #5 a #10 são relacionadas com as componentes organizacionais. As recomendações #11 e #12 são relacionadas com as componentes tecnológicas.

Etapa 2 Criação de Folhas Tarefas

Conforme as necessidades da investigação de avaliação e o atendimento ao *Cambridge Process Approach* são criadas as folhas tarefa para cada uma das fontes, a fim de facilitar o processo de coleta de dados. Essas planilhas agruparam todos os requisitos de informações de uma fonte e foram conduzidas pelo responsável do estudo em questão. As folhas tarefas foram designadas FT1 – análise de documentos, FT2 – entrevista, FT3 – survey, FT4 – observação e FT5 – ações técnicas e gerenciais recomendada, conforme o Quadro 28:

Quadro 28 – Representação da aplicação das FTs

| FTs | Entrevistados | | | |
|--|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Representante Alta Direção | Representante Gestor Energético | Representante Engenharia | Representante Manutenção |
| FT1 – Análise de Documentos | | | | |
| FT2 – Entrevistas | | | | |
| FT3 – Survey | | | | |
| FT4 – Observações | | | | |
| FT5 – Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas | | | | |

Fonte: O autor, 2018.

Considerando que alguns requisitos de informação estão presentes na decomposição de mais de uma diretriz, e para obtenção de uma melhor compreensão

e organização dos requisitos de informação necessários, para obtenção de evidências, estes foram agrupados em cinco categorias:

- Criação, evolução e compartilhamento do processo: informações relacionadas à forma como o processo vai ser criado, quem são as pessoas que devem participar da concepção do processo e como o processo poderia evoluir;
- Estrutura, capacidades e papéis do processo: informações relacionadas aos aspectos estruturais do processo, tais como tarefas, atividades, papéis, capacidades e responsabilidades;
- Mecanismos de gerenciamento e controle do processo: informações relacionadas à forma como a coordenação, sincronização, tomada de decisão, delegação, tratamento de exceção e outros mecanismos de gerenciamento e controle são implementados no processo;
- Desempenho do processo: informações relacionadas aos objetivos organizacionais e de processo, medidas de desempenho, metas de desempenho, seus procedimentos de alinhamento e avaliação;
- Sistemas, informações e tecnologia do processo: informações relacionadas à estrutura da informação, aos sistemas e à tecnologia necessários e utilizados no processo.

Para cada um dos requisitos de informação nessas categorias, precisam ser definidas fontes de informação primárias e secundárias. Fontes diferentes são usadas para que evidências de diferentes perspectivas possam ser reunidas e trianguladas.

As fontes de informação a serem utilizadas são:

- Documentos (D): documentação existente que descreve o sistema organizacional, seus elementos e seus relacionamentos (por exemplo, pessoas, recursos, tecnologia, tarefas e funções).
- Entrevistas (E): conduzidas individualmente com pessoas que possivelmente trabalhariam no processo do SGE, com um conjunto pré-definido de perguntas e tópicos orientadores.
- Observação (O): observações de como a empresa realiza operação de outros processos e da capacidade para realizar o processo do SGE.
- *Survey* (S): as pessoas que possivelmente trabalhariam no processo do SGE, indicadas pela Alta direção da empresa, respondem a um *survey* composto

por um conjunto de questões relacionadas à proposição de uma concepção de processo e ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE.

Etapa 3 coleta de dados

O procedimento de coleta de dados está estruturado em quatro fases principais:

- Fase #0: o escopo da intervenção é definido, o suporte ao gerenciamento é obtido e a intervenção é comunicada a todas as pessoas envolvidas (Alta direção, gestor energético, representante engenharia, representante manutenção);
- Fase #1: Realiza-se entrevistas preliminares com um representante da alta direção, um representante com a função de gestor energético, um representante da área da engenharia e um representante da área da manutenção que são conduzidas juntamente com a análise de documentos com o objetivo de descobrir informações sobre qual seria o desempenho do eventual funcionamento de uma concepção de processo;
- Fase #2: O trabalho em processos semelhantes dentro da organização é observado e pesquisas com supervisores e trabalhadores são conduzidas para aprofundar a compreensão sobre outros processos implantados e a possibilidade de ser bem sucedida a concepção de processo do SGE;
- Fase #3: Realiza-se entrevistas finais com: (i) representante da alta direção; (ii) um representante com a função de gestor energético; (iii) um representante da área da engenharia. (iv) um representante da área da manutenção discutindo a análise de documentos, resultados do survey e das entrevistas.

A Figura 87 apresenta a sequência sugerida de tarefas de coleta de dados para cada intervenção.

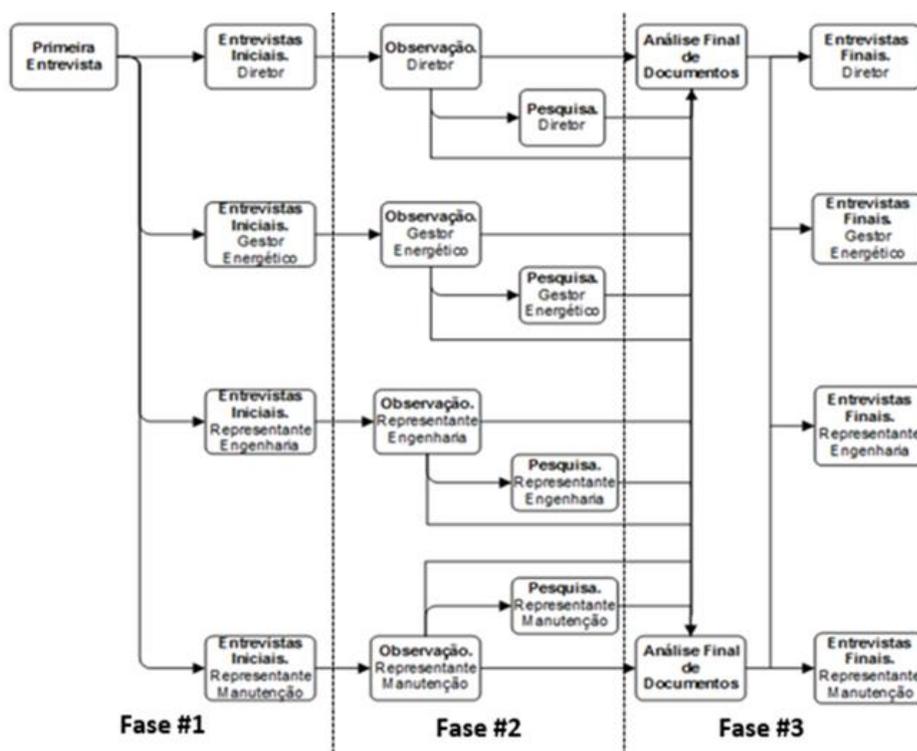


Figura 87 - Sequência sugerida de tarefas de coleta de dados.

Fonte: O autor, 2018.

Com uma quantidade razoável de dados sendo coletados acrescido das relações entre diretrizes, pontos de análise, requisitos de informação, fontes de informação e evidências, planilhas eletrônicas são utilizadas com o objetivo de compilar os dados em forma de tabelas e realizar seu processamento.

Etapa 4 Avaliação da qualidade da evidência

Após a organização dos dados coletados, a qualidade da evidência para cada um dos requisitos de informação é avaliada. Isso é feito através de dois critérios: existência e consistência.

- **Existência:** medida em que os dados coletados fornecem evidências sobre um requisito de informação que poderia ajudar na avaliação do alinhamento do sistema organizacional às diretrizes de engenharia organizacional e das ações técnicas e gerenciais recomendadas. Uma escala de Likert de quatro pontos é usada para avaliar a existência: 1 - nenhuma evidência, 2 - alguma evidência, 3 - evidência moderada, 4 - forte evidência.
- **Consistência:** medida em que os dados coletados de fontes de informação diferentes fornecem evidências não conflitantes sobre o requisito de informação. Uma escala de Likert de quatro pontos também é usada para

avaliar a consistência: 1 - nem um pouco consistente, 2 - um pouco consistente, 3 - moderadamente consistente, 4 - fortemente consistente.

O procedimento de pesquisa estabelecido prevê que os mesmos entrevistados para a coleta dos dados, com seus posicionamentos sejam posteriormente comparados com as evidências. O objetivo é que os múltiplos avaliadores se apresentem com todas as evidências das diferentes fontes de dados para cada requisito de informação e realizem a avaliação de cada um dos critérios. A confiabilidade entre avaliadores para cada requisito de informação é calculada de acordo com o procedimento descrito por JAMES et al. (1984). Se houver um IRR baixo (abaixo de 0,80) em qualquer um dos critérios, os participantes do grupo de classificação analisam suas causas e decidem prosseguir para o próximo passo, revisar suas classificações ou coletar novos dados.

Etapa 5 Avaliação de alinhamento

Para avaliação do alinhamento dos requisitos de informação foram adotadas escalas de Likert de quatro pontos para avaliação da *survey* e das ações técnicas e gerenciais recomendadas (1 - Concordo Totalmente, 2 – Concordo, 3 - Concordo Parcialmente, 4 – Não Concordo) e de quatro pontos para a avaliação das fontes de dados documentos, entrevistas e observações (1 - de modo algum alinhado, 2 - um pouco alinhado, 3 - moderadamente alinhado, 4 - fortemente alinhado).

Etapa 6 Análise

Com os resultados da avaliação de alinhamento disponíveis, pode ser produzido um ranking das diretrizes da engenharia organizacional de acordo com esse alinhamento. Podem ser definidas sugestões para a melhoria do sistema organizacional, priorizando as diretrizes menos alinhadas. Evidências que apoiam essas sugestões são apresentadas para rastreá-las de volta às principais causas de desalinhamento, identificando a possível raiz do problema. Procedimento semelhante é empregado para as ações técnicas e gerenciais recomendadas.

Na etapa final de análise deve-se providenciar uma avaliação do método empregado. Para PLATTS (1993), do ponto de vista de *Cambridge Process Approach*, são estabelecidos três critérios: (i) factibilidade – o processo pode ser seguido?; (ii) usabilidade – o quanto é fácil seguir o processo?; (iii) utilidade – o processo fornece um passo útil na avaliação do potencial organizacional para o SGE de uma indústria?

6 MODELO DE AVALIAÇÃO PARA INTEROPERABILIDADE DA GESTÃO DA ENERGIA NA INDÚSTRIA – MAIGEI

Com o interesse de estudar a interoperabilidade organizacional para contribuir em minimizar ou remover as barreiras organizacionais que impedem uma bem sucedida gestão da energia na indústria energo-intensiva, é proposto no presente capítulo uma avaliação da interoperabilidade organizacional (AIO). A avaliação da interoperabilidade organizacional configura-se na condição “a posteriori” onde a medida está relacionada à compatibilidade entre áreas intra-organizacionais de uma empresa, dispostas a interoperar em um sistema de gestão da energia em funcionamento. Portanto, o objetivo é o desenvolvimento de um modelo de avaliação da interoperabilidade para a gestão da energia na indústria, designado MAIGEI, com a utilização de ferramentas de decisão multicritério (método AHP). Este desenvolvimento está configurado no objetivo específico seis e estabelecido na atividade A6 – Estratégia da pesquisa na representação IDEF0, mostrada no capítulo 3.

6.1 MODELO DE AVALIAÇÃO DE INTEROPERABILIDADE

A avaliação da interoperabilidade organizacional conduz inicialmente à necessidade de algumas definições básicas com relação ao (i) tipo de medição da interoperabilidade (mensurar o potencial, mensurar a compatibilidade ou mensurar o desempenho); (ii) forma de medição: a priori (parceiro desconhecido) ou a posteriori (parceiro conhecido); (iii) escopo (área inter ou intra- organizacional).

Assim sendo, devido ao conhecimento recente e ainda incipiente do tema interoperabilidade no ambiente industrial, definiu-se, pelo interesse da pesquisa, realizar uma avaliação da interoperabilidade tal que possa mensurar a compatibilidade em uma aplicação a posteriori, com parceiro conhecido, e em um escopo intra-organizacional. As preocupações e conceitos envolvidos no domínio da interoperabilidade, destacando o posicionamento intra-organizacional do modelo a ser desenvolvido, está representado no *framework* da Figura 88. Nas preocupações da interoperabilidade dispostas no *framework*, verifica-se que a efetividade dos negócios

está atrelada aos processos que são utilizados pelos serviços que se servem de um conjunto de dados.

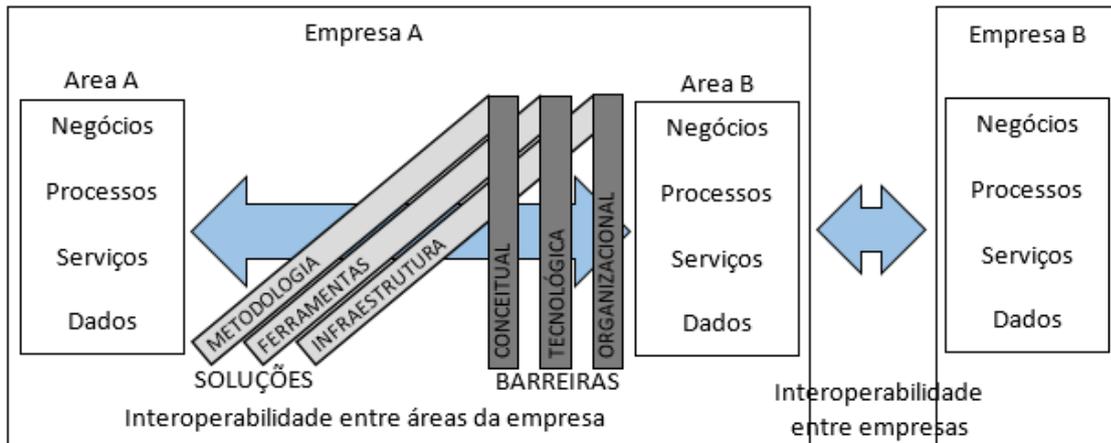


Figura 88 - Preocupações e Conceitos Envolvidos no Domínio da Interoperabilidade
Fonte: CHEN (2008), adaptado pelo Autor (2018).

A avaliação da interoperabilidade organizacional, atendendo os *frameworks* e modelos da interoperabilidade organizacional, será estudada na forma de um modelo de avaliação da interoperabilidade organizacional para a gestão da energia na indústria – MAIGEI, que será proposto a seguir.

6.2 PROPOSIÇÃO DO MODELO MAIGEI

As atividades do modelo MAIGEI em proposição estão apresentadas a seguir:

A01 - No domínio da GE na IEI, identificar o espaço-problema (EP) e espaço-solução (ES) sob a ótica da interoperabilidade organizacional (IO).

A02 - Determinar na literatura científica, nos domínios da GE na IEI e no AIO, um conjunto de atributos para a avaliação da interoperabilidade (extrair e descrever atributos).

A03 – Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade.

A04 - Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade e Aplicação do Método de Decisão Multicritério.

6.2.1 Desenvolvimento da atividade (A01) – Análise do Espaço Problema (EP) e do Espaço Solução (ES)

A abordagem da interoperabilidade aplicada à GE na IEI implica na definição de um EP e um ES, conforme descrito em CHEN et al. (2008), ilustrado na Figura 89.

- **Espaço-Problema - EP:** avaliar a interoperabilidade na GE na indústria energo-intensiva, considerando as dimensões de negócios, processos, serviços e dados relacionadas com o posicionamento tecnológico, de desempenho e estratégico da organização;
- **Espaço-Solução - ES:** apresentação de um modelo de avaliação de IO.

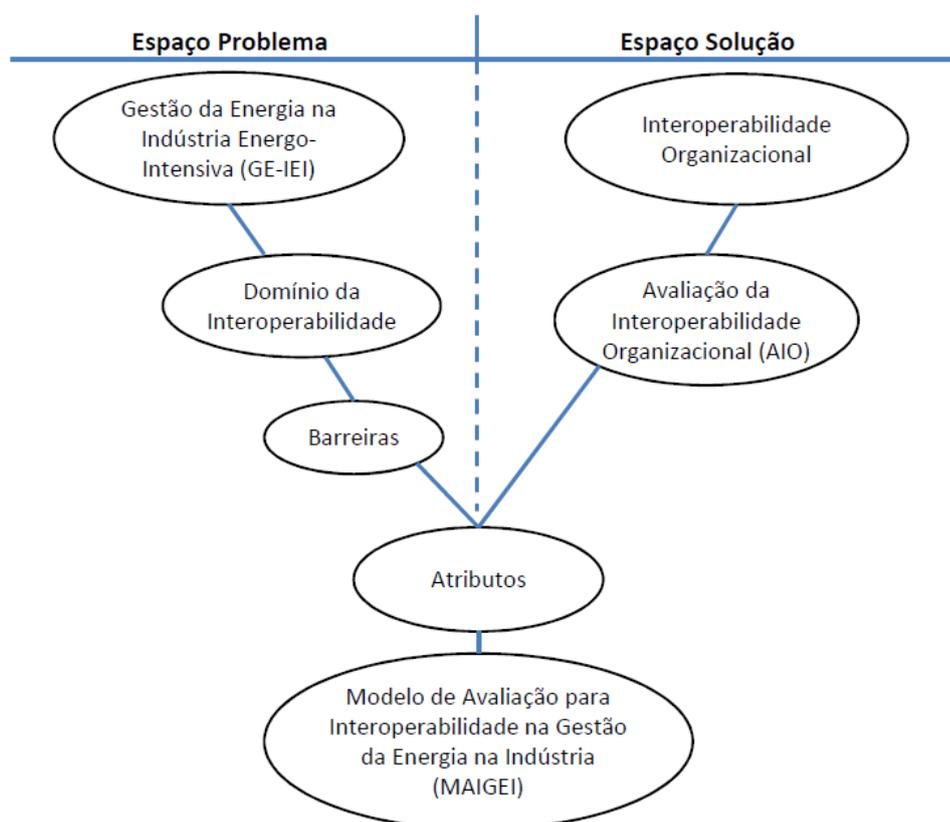


Figura 89 - Síntese da Representação – Espaço-Problema e Espaço Solução
Fonte: O Autor, 2018.

As barreiras organizacionais encontradas na revisão sistemática da literatura e dispostas no Capítulo 4 deste trabalho de pesquisa foram revisitadas e, com maior

detalhamento constituem as barreiras organizacionais a serem estudadas na abordagem da interoperabilidade, conforme disposição na Tabela 33:

Tabela 33 - Barreiras Organizacionais para Interoperabilidade.

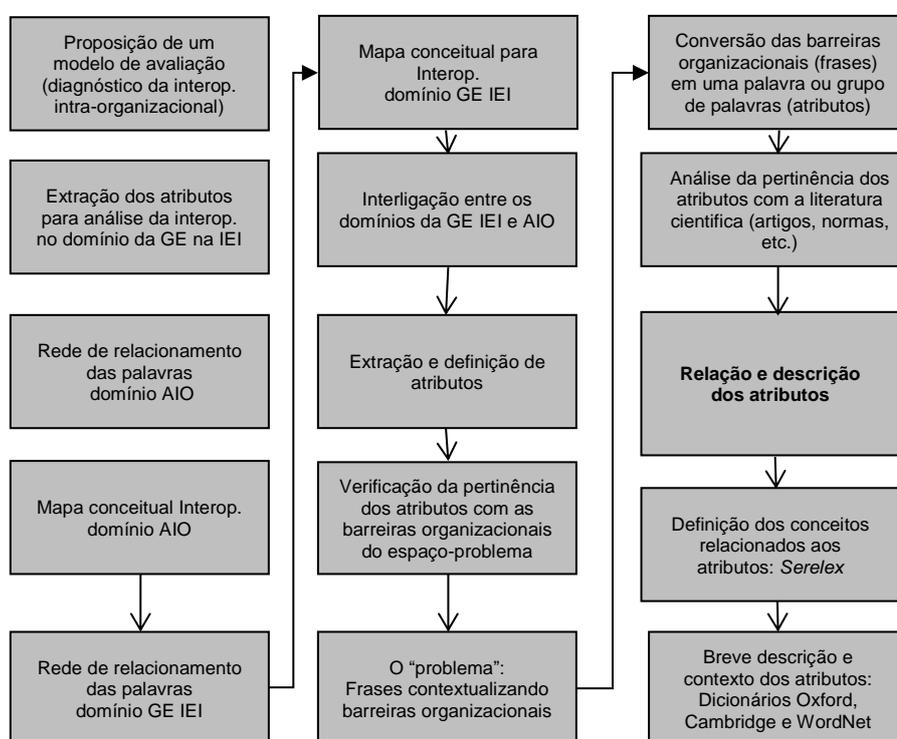
| Descrição do Problema | Autores |
|---|---|
| Falta de um efetivo gerenciamento interno na empresa | GROOT (2001), AFLAKI (2013) |
| Complexa cadeia de decisão | SORRELL (2006), CAGNO (2013) |
| Ausência de poder e influência do gestor energético | SORRELL (2006), THOLLANDER (2008), PALM (2010), BUNSE (2011), DOBES (2012) |
| Falta de comunicação entre plantas | WORRELL (2011) |
| Cultura organizacional que conduz à negligência de aspectos energéticos e ambientais | SORRELL (2006), PALM (2010), BUNSE (2011), TRIANNI (2013), DOBES (2012) |
| Pequena importância do programa de W | GROOT (2001), SORRELL (2006), SARDIANOU (2007), THOLLANDER (2008), WORRELL (2008), TRIANNI (2013), FLEITER (2012) |
| Pequeno entendimento de como criar apoio para um projeto de EE | WORRELL (2011) |
| Inércia organizacional para mudança da situação vigente | WORRELL (2011) |
| Interesses divergentes | DECANIO (1997), CAGNO (2013) |
| Falta de tempo | SORRELL (2006), THOLLANDER (2008), PALM (2010), STENQVIST (2012), CAGNO (2013), FLEITER (2012) |
| Falta de controle interno | SORRELL (2006), CAGNO (2013) |
| Atitudes da liderança (alta direção) com foco em evitar novos custos | FAWKES (2016) |
| Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa | FAWKES (2016) |
| Cultura corporativa resistente a novas ideias de melhoria | FAWKES (2016) |
| Falta de um forte compromisso corporativo para melhorar a gestão da energia | WORRELL (2011) |
| Falta de apoio para aplicação de normas nacionais ou internacionais de SGE (situação atual no Brasil) | ATES e DURAKBASA (2011), ISO (2007) |
| Ausência de uma estratégia energética de longo prazo | THOLLANDER (2008) |
| Recursos Humanos com conhecimento e treinamento inadequado são uma barreira potencial para implementação de um SGE | ROSSITER (2015) |
| Falta de transparência do processo de gestão da energia | SCHULZE (2016) |
| Ausência de integração com outros sistemas de gestão (ambiental) | AMUNDSEN (2000) |
| Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa na implementação do plano de ação. A cooperação de pessoas chaves em diferentes níveis dentro da organização é fator para o sucesso do SGE | FAWKES (2016), EPA (2007) |
| Falta de medição, monitoramento do uso da energia - usos de TIC | ATES e DURAKBASA (2011) |
| Falta de compartilhamento de objetivos | DECANIO (1997), THOLLANDER (2008) |
| Falta de sinergia entre as partes interessadas | ATES e DURAKBASA (2011) |

Fonte: O autor, 2018.

As barreiras organizacionais propiciam um EP no SGE que justifica uma análise e investigação para a AIO.

6.2.2 Desenvolvimento da Atividade (A02) – determinação de um conjunto de atributos

A Figura 90 abaixo apresenta um fluxograma da criação do modelo MAIGEI referente ao desdobramento da atividade A02: Extração e Descrição dos Atributos.



Legenda:

| | | | |
|----------|--|----------|---|
| Atributo | - Aquilo que é próprio de algo (características, classes e variáveis). | Interop. | - Interoperabilidade |
| AIO | - Avaliação da Interoperabilidade Organizacional | GE | - Gestão da Energia |
| IEI | - Indústria Energo-Intensiva | Serelex | - <i>Search and visualization of semantically related words</i> |

Figura 90 - Fluxograma da Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A02: Extrair e Descrever Atributos

Fonte: O autor, 2018.

6.2.2.1 Extração dos atributos

Nesta seção apresenta como foi realizada a extração dos atributos, como o procedimento da racionalidade da extração de atributos, mapas conceituais para interoperabilidade e a descrição dos atributos selecionados.

6.2.2.1.1 Procedimento da racionalidade da extração de atributos

O procedimento mostrando a racionalidade para extração dos atributos está representado na Figura 91. A interligação dos domínios AIO e GE na IEI permite identificar os atributos comuns aos dois domínios, que são então “extraídos” e têm sua pertinência avaliada ao compará-los às barreiras organizacionais do espaço-problema. Tais barreiras são então “condensadas” em uma ou mais palavras, de forma a representar o “cerne” de cada barreira organizacional à GE na IEI, formando um novo grupo de atributos que têm sua pertinência verificada na análise da literatura.

Assim, obtêm-se a relação final de atributos pertinentes à avaliação da IO da GE na IEI. Por fim, são apresentados os conceitos, descrições e contextos de aplicação de cada atributo.

A Figura 91 apresenta o diagrama da racionalidade da extração dos atributos.

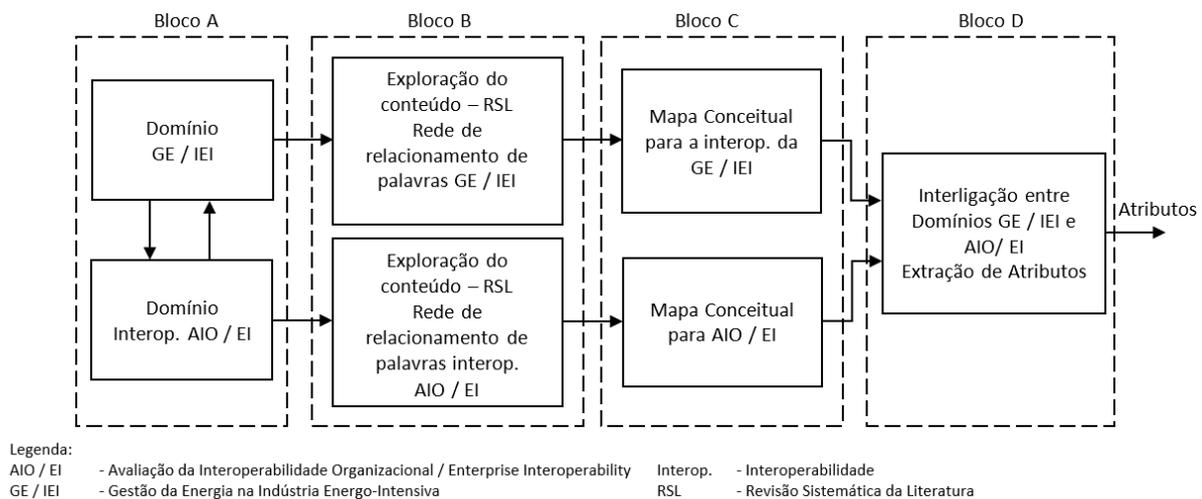


Figura 91 - Diagrama da Racionalidade da Extração dos Atributos

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2018.

O diagrama da racionalidade da extração dos atributos apresentado na Figura 91 está dividido em quatro blocos:

- No bloco A descreve-se a descoberta do conhecimento nos domínios da GE na IEI e da AIO nos frameworks da interoperabilidade, com o relacionamento entre os domínios.
- No bloco B descreve-se a exploração do conteúdo e revisão da literatura a fim de estabelecer rede de relacionamento de palavras para: (i) a

interoperabilidade da GE na IEI; (ii) a AIO nos frameworks da interoperabilidade.

- No bloco C apresenta-se os mapas conceituais para: (i) a interoperabilidade da GE na IEI; (ii) a AIO nos frameworks da interoperabilidade.
- No bloco D realiza-se a interligação entre os domínios GE na IEI e AIO e nos frameworks da interoperabilidade, para a extração dos atributos pertinentes aos dois domínios de conhecimento.

BORDINI (2015), em seu trabalho de pesquisa apresentou uma rede de palavras que se relacionam com a AIO, conforme o bloco B da Figura 91. Com o auxílio do *software* Atlas TI, BORDINI (2015) verificou as palavras de maior ocorrência em 59 artigos relevantes, relacionados ao domínio da IO, analisados referentes à avaliação da interoperabilidade. Estas palavras estão apresentadas na rede de relações de palavras para AIO, ilustrada na Figura 92.

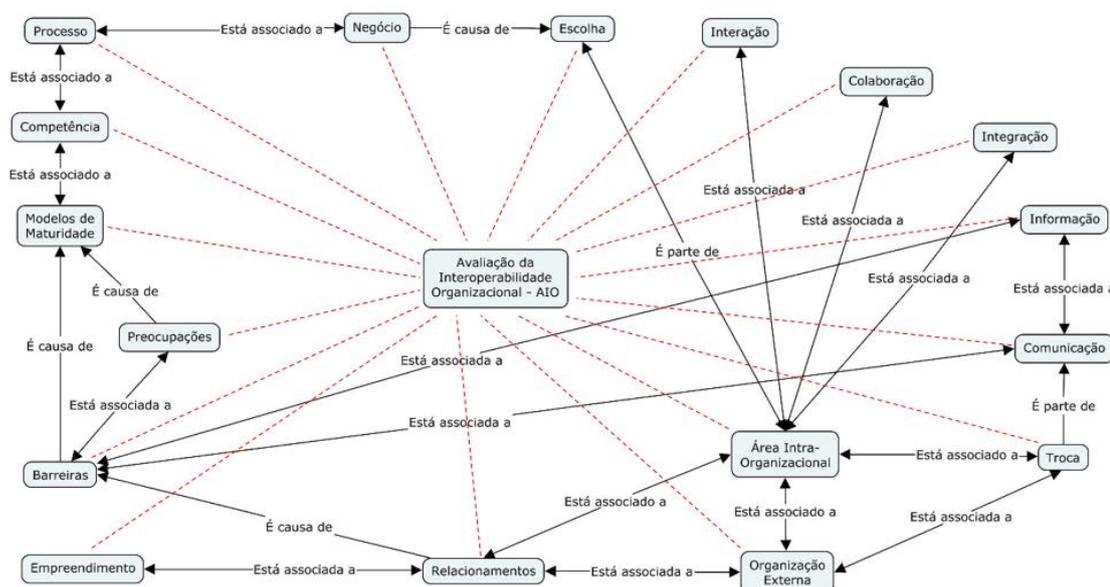


Figura 92 - Rede de Relações para AIO
Fonte: BORDINI (2015), adaptado pelo autor (2018).

As associações e as relações entre os termos indicam que a avaliação da interoperabilidade organizacional (AIO) ou também *Enterprise Interoperability Assessment* - EIA está sendo relacionada ao contexto organizacional de troca de informações e comunicação entre duas ou mais organizações (ou áreas internas de uma organização).

A rede de palavras que se relacionam com GE na IEI é apresentada na Figura 93.

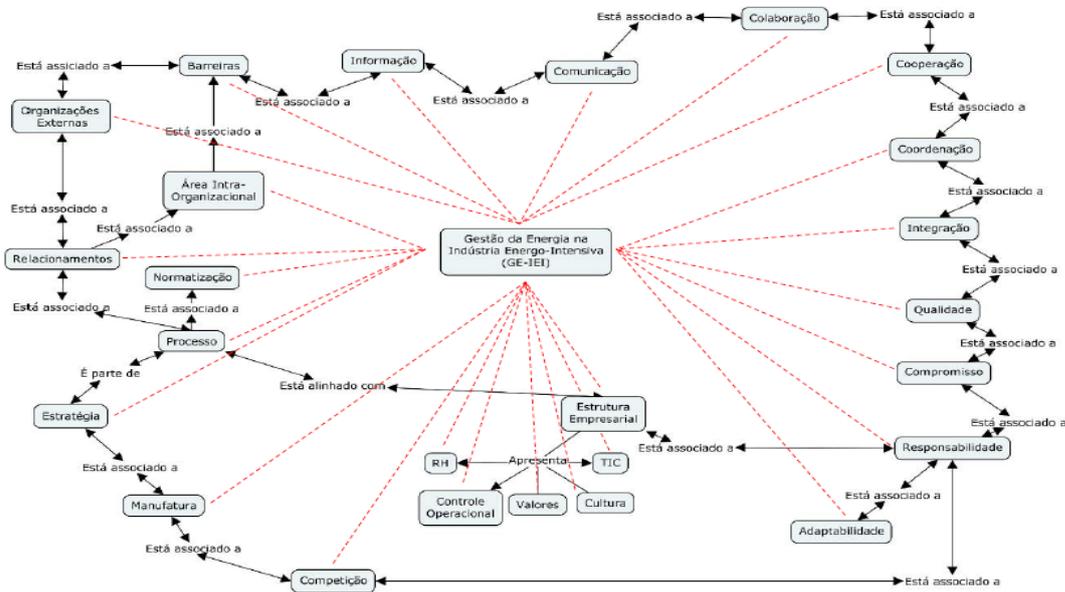


Figura 93 - Rede de Relações para a Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva - GE IEI
Fonte: O Autor, 2018.

A rede de relações da Figura 93 apresentam os conteúdos que fazem parte do contexto deste domínio.

Na análise de conteúdo identifica-se alguns atributos preliminares para os domínios estudados, confirmando com os extraídos da RSL, apresentados no Apêndice H. As redes de relacionamento produzidas neste item auxiliarão na elaboração dos mapas conceituais apresentados a seguir.

6.2.2.1.2 Mapa conceitual para interoperabilidade no SGE e extração dos atributos

Após apresentar as relações e associações que caracterizam o contexto relacionado a cada domínio, GE/IEI e IE/AIO, através das palavras (conceitos) que os compõem, serão apresentados mapas conceituais para a interoperabilidade resultantes. Tais mapas foram desenvolvidos utilizando as redes de relações anteriores (Figuras 92 e 93) extraídas da análise de conteúdo, após extensiva a RSL. Estes mapas foram elaborados para identificar e posicionar os domínios estudados, o da gestão da energia na IEI - GE e o da AIO. Através dos mapas foram identificados

e definidos atributos que qualificam os domínios através de racionalidades contextuais.

Mapas conceituais são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos (NOVAK, 2008). Neste trabalho eles foram gerados, como comentado, na análise de conteúdo e na RSL. A seguir, será apresentado o mapa conceitual para cada domínio estudado.

A Figura 94 apresenta o mapa conceitual para a interoperabilidade do domínio da GE/IEI, considerando as categorias que compõem a relação, as características, a dependência, as influências e medida de desempenho.

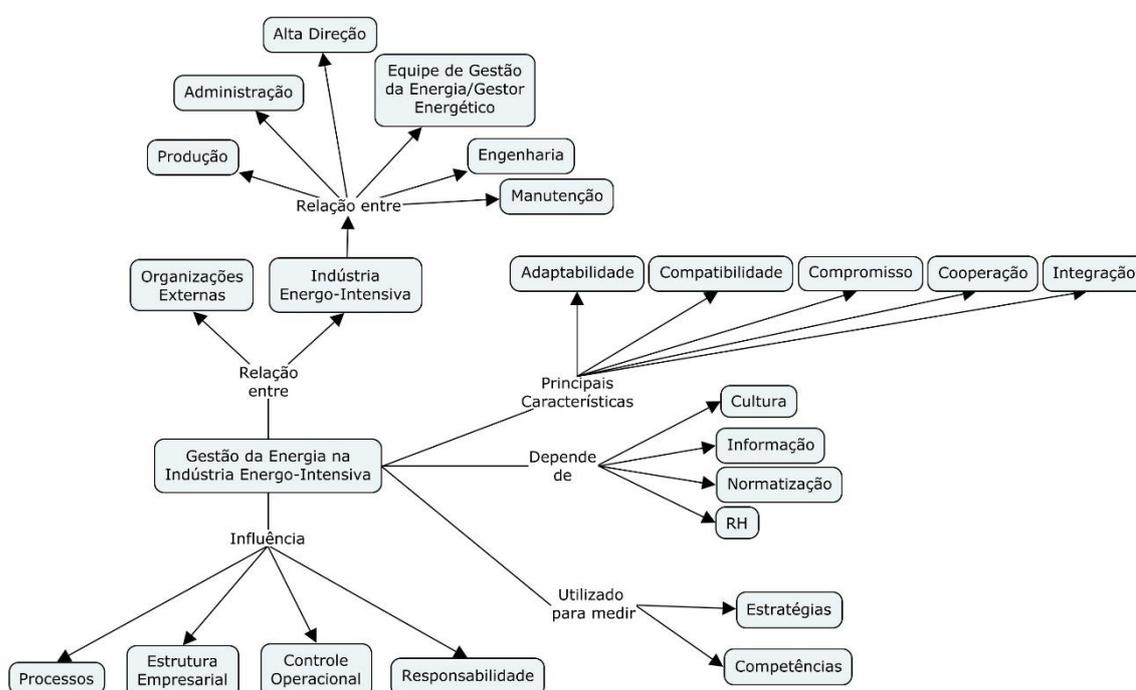


Figura 94 - Mapa Conceitual para a Interoperabilidade do Domínio da GE/IEI
Fonte: O Autor, 2018.

O mapa conceitual para a interoperabilidade do domínio da GE na IEI possibilitou identificar vários atributos importantes a seguir listados: adaptabilidade, compatibilidade, compromisso, cooperação, integração, cultura, informação, normatização, recursos humanos, processos, estrutura empresarial, controle operacional, responsabilidade, estratégias e competências.

A Figura 95 apresenta o mapa conceitual da AIO, considerando as categorias que compõem a relação, as características, a dependência, as influências e medida de desempenho.

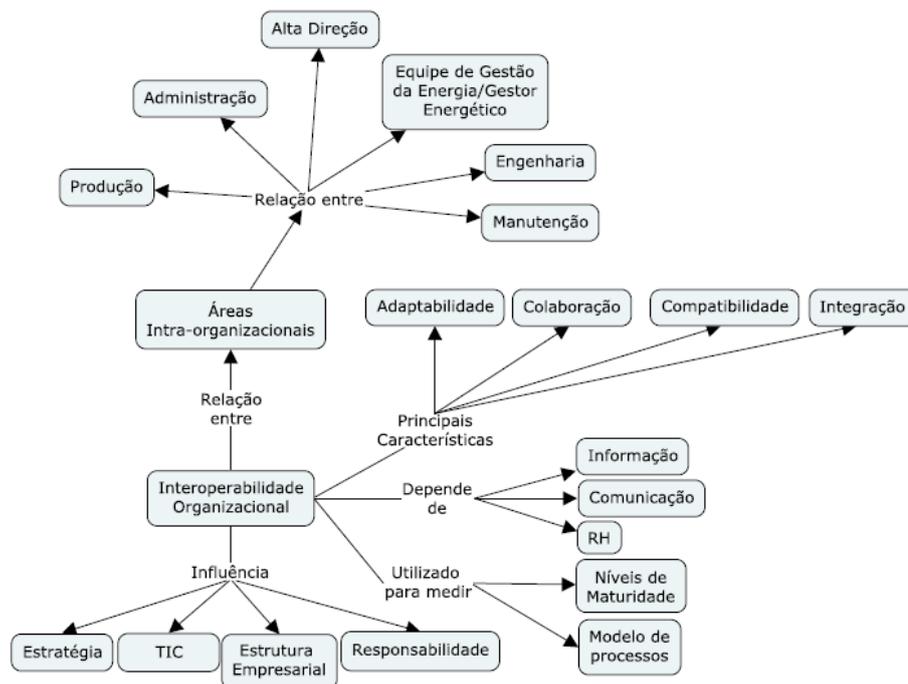


Figura 95 - Mapa Conceitual do Domínio AIO
 Fonte: BORDINI (2015), adaptado pelo Autor (2018).

Neste mapa conceitual foi possível identificar atributos importantes em relação a AIO, que são: adaptabilidade, colaboração, compatibilidade, integração, informação, comunicação, recursos humanos, estratégias, tecnologia de informação e comunicação, estrutura empresarial e responsabilidade. Alguns atributos são comuns aos dois domínios de estudo. A Tabela 34 apresenta os atributos identificados em cada domínio (GE/IEI e AIO/IO), os atributos que são comuns aos dois domínios e a relação dos dezoito atributos selecionados (incorporando ambos os domínios).

Tabela 34 - Atributos Extraídos dos Respective Domínios AIO/IO e GE/IEI

| Atributos do Domínio AIO/IO | Atributos do Domínio GE/IEI | Atributos Comuns aos Domínios AIO/IO e GE/IEI | Atributos Selecionados |
|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------|
| Adaptabilidade | Adaptabilidade | Adaptabilidade | Adaptabilidade |
| Colaboração | Compatibilidade | Compatibilidade | Colaboração |
| Compatibilidade | Competência | Estratégia | Compatibilidade |
| Comunicação | Compromisso | Estrutura empresarial | Competência |
| Estratégia | Controle Operacional | Informação | Compromisso |
| Estrutura empresarial | Cooperação | Integração | Comunicação |
| Informação | Cultura | Recursos humanos | Controle Operacional |
| Integração | Estratégia | Responsabilidade | Cooperação |
| Recursos humanos | Estrutura empresarial | | Cultura |
| Responsabilidade | Informação | | Estratégia |

| | | | |
|-----------------------------|------------------|--|-----------------------------|
| Tecnologia de Inf. e Comun. | Integração | | Estrutura Empresarial |
| | Normatização | | Informação |
| | Processos | | Integração |
| | Recursos humanos | | Normatização |
| | Responsabilidade | | Processos |
| | | | Recursos humanos |
| | | | Responsabilidade |
| | | | Tecnologia de Inf. e Comun. |

Fonte: O autor, 2018.

Com a elaboração dos mapas conceituais específicos para cada domínio de conhecimento envolvido nesta pesquisa, foi possível identificar atributos que serão utilizados no modelo de avaliação. Com relação aos atributos, foram considerados os com maior presença nas redes de relacionamento e os apresentados nos mapas conceituais para cada domínio analisado. Neste trabalho, atributo foi considerado como aquilo que é próprio de algo, como características, classes, e variáveis que permitem uma organização alcançar a interoperabilidade.

Na revisão da literatura, na análise de conteúdo e na elaboração dos mapas conceituais, identificou-se preliminarmente uma correlação significativa entre os domínios e atributos encontrados, corroborando a pertinência da dimensão de avaliação de interoperabilidade no domínio da gestão da energia. A Figura 96 apresenta os atributos identificados.

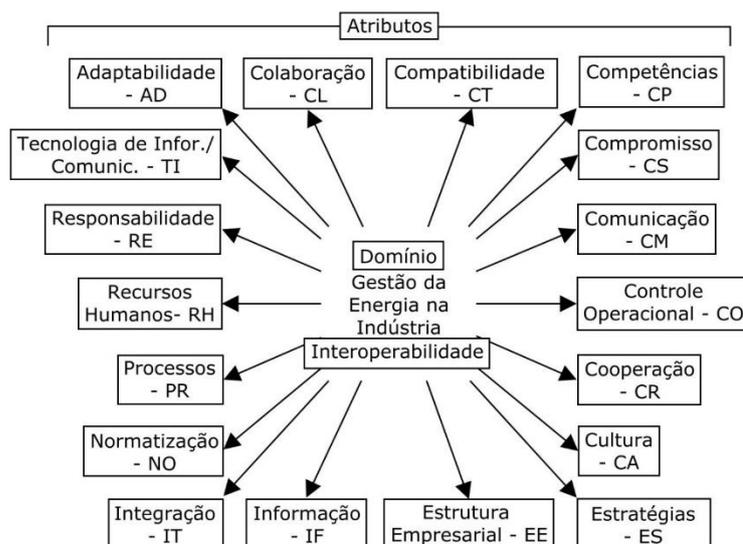


Figura 96 - Atributos Identificados (extraídos) na Interligação entre os Domínios GE (IEI) e IO (AIO)
Fonte: O Autor, 2018.

O EP no domínio GE na IEI se estabelece na forma de barreiras organizacionais descritas na literatura científica, conforme relatado em sessões anteriores. As barreiras são descritas por frases que contextualizam o problema, ou seja, descrevem as dificuldades impostas à adoção de SGE na IEI. Nesta etapa, há a necessidade de identificar palavras simples (ou compostas) que representem, de forma concisa, as barreiras organizacionais identificadas na etapa da revisão da literatura. Tais barreiras organizacionais, quando sintetizadas (convertidas) em palavras, representam os atributos da interoperabilidade no domínio do objeto de pesquisa (GE na IEI).

A Tabela 35 apresenta as barreiras organizacionais identificadas na etapa de revisão da literatura e os respectivos atributos relacionados. Tais atributos alinham o contexto dos domínios da AIO e GE na IEI.

Tabela 35 - Barreiras Organizacionais e Atributos Relacionados

| # | Barreira Organizacional | Autor(es) | Atributo(s) relacionado(s) (SIGLA) |
|----|--|---|------------------------------------|
| 1 | Falta de um efetivo gerenciamento interno na empresa | GROOT (2001), AFLAKI (2013) | Estrutura Empresarial (EE) |
| 2 | Complexa cadeia de decisão | SORRELL (2006), CAGNO (2013) | Responsabilidade (RE) |
| 3 | Ausência de poder e influência do gestor energético | SORRELL (2006), THOLLANDER (2008), PALM (2010), BUNSE (2011), DOBES (2012) | Competência (CP) |
| 4 | Falta de comunicação entre plantas | WORRELL (2011) | Comunicação (CM) |
| 5 | Cultura organizacional que conduz à negligência de aspectos energéticos e ambientais | SORRELL (2006), PALM (2010), BUNSE (2011), TRIANNI (2013), DOBES (2012) | Cultura (CA) |
| 6 | Pequena importância do programa de EE | GROOT (2001), SORRELL (2006), SARDIANOU (2007), THOLLANDER (2008), WORRELL (2008), TRIANNI (2013), FLEITER (2012) | Cultura (CA) |
| 7 | Pequeno entendimento de como criar apoio para um projeto de EE | WORRELL (2011) | Informação (IF) |
| 8 | Inércia organizacional para mudança da situação vigente | WORRELL (2011) | Adaptabilidade (AD) |
| 9 | Interesses divergentes | DECANIO (1997), CAGNO (2013) | Compatibilidade (CT) |
| 10 | Falta de tempo | SORRELL (2006), THOLLANDER (2008), PALM (2010), | - |

| | | | |
|----|---|--|--|
| | | STENQVIST (2012), CAGNO (2013), FLEITER (2012) | |
| 11 | Falta de controle interno | SORRELL (2006), CAGNO (2013) | Controle Operacional (CO) |
| 12 | Atitudes da liderança (alta direção) com foco em evitar novos custos | FAWKES (2016) | Responsabilidade (RE) |
| 13 | Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa | FAWKES (2016) | Colaboração (CL) |
| 14 | Cultura corporativa resistente a novas ideias de melhoria | FAWKES (2016) | Cultura (CA) |
| 15 | Falta de um forte compromisso corporativo para melhorar a gestão da energia | WORRELL (2011) | Compromisso (CS) |
| 16 | Falta de apoio para aplicação de normas nacionais ou internacionais de SGE (situação atual no Brasil) | ATES e DURAKBASA (2011), ISO (2007) | Normatização (NO) |
| 17 | Ausência de uma estratégia energética de longo prazo | THOLLANDER (2008) | Estratégia (ES) |
| 18 | Recursos Humanos com conhecimento e treinamento inadequado são uma barreira potencial para implementação de um SGE | ROSSITER (2015) | Recursos Humanos (RH) |
| 19 | Falta de transparência do processo de gestão da energia | SCHULZE (2016) | Processos (PR) |
| 20 | Ausência de integração com outros sistemas de gestão (ambiental) | AMUNDSEN (2000) | Integração (IT) Tecnologia da Informação/ Comunicação (TIC) |
| 21 | Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa na implementação do plano de ação a cooperação de pessoas chaves em diferentes níveis dentro da organização é fator para o sucesso do SGE | FAWKES (2016), EPA (2007) | Cooperação (CR) |
| 22 | Falta de medição, monitoramento do uso da energia - usos de TIC | ATES e DURAKBASA (2011) | Tecnologia da Informação/Comuni cação (TIC) |
| 23 | Falta de compartilhamento de objetivos | DECANIO (1997), THOLLANDER (2008) | Colaboração (CL) |
| 24 | Falta de sinergia entre as partes interessadas | ATES e DURAKBASA (2011) | Colaboração (CL) |

Fonte: O autor, 2018.

6.2.2.1.3 Descrição dos Atributos

Uma vez definidos os atributos, a descrição criteriosa dos termos se faz necessária a fim de facilitar a compreensão e interpretação do contexto no qual estes se inserem. O detalhamento dos atributos baseia-se nos seguintes aspectos: (i) Tesouro e léxico (WordNet, 2018; Oxford Dictionary Online, 2018; Cambridge Dictionary Online, 2018); (ii) Similaridade semântica (PANCHENKO et al., 2013); (iii) Análise qualitativa no que diz respeito aos aspectos da interoperabilidade.

Os resultados da descrição de cada atributo estão apresentados a seguir, na forma de tabelas com termos semanticamente semelhantes a cada atributo. Além disso, apresentam-se breves descrições e contextos a fim de facilitar o entendimento de como tais atributos se inserem no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva.

6.2.2.1.3.1 Atributo: Adaptabilidade

Breve descrição e contexto:

- A qualidade de poder ajustar-se a novas condições;
- Habilidade ou vontade de mudar para se adequar a diferentes condições;
- A capacidade de alterar (ou ser alterado) para se adequar à diferentes circunstâncias.

Alguns termos semanticamente relacionados a “adaptabilidade” são apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 - Termos Semanticamente Relacionados a “Adaptabilidade”.

Adaptabilidade

| | | | |
|---------------------|-----------------|----|---------------------|
| Flexibilidade; | Solucionamento | de | Problemas; |
| Desenvoltura; | Reparabilidade; | | Empreendedorismo; |
| Perseverança; | Acessibilidade; | | Compreensibilidade; |
| Auto Gerenciamento; | Autoconfiança. | | |

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.2 Atributo: Colaboração

Breve descrição e contexto:

- A ação de trabalhar com alguém para produzir algo;
- O ato de trabalhar em conjunto com outras pessoas ou organizações para criar ou alcançar algo;

- A situação de duas ou mais pessoas trabalhando juntas para criar ou alcançar a mesma coisa;
- Ato de trabalhar em conjunto.

Alguns termos semanticamente relacionados a “colaboração” são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Termos Semanticamente Relacionados a “Colaboração”
Colaboração

Trabalho em equipe; Criatividade; Apropriação;
Consultoria; Projeto de Pesquisa; Aliança Estratégica;
Companheirismo; Participação; Cooperação;
Compartilhamento; *Networking*; Integração; Colegiado;
Federação; Prestação de Contas; Conferência.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.3 Atributo: Compatibilidade

Breve descrição e contexto:

- Estado no qual dois entes ou eventos podem existir ou ocorrer juntos sem problemas ou conflitos;
- A capacidade de um computador, *software*, etc. para trabalhar em conjunto com outro similar;
- O fato de poder ser usado com um tipo particular de computador, máquina, dispositivo, etc.;
- Capacidade de existir ou executar em combinação harmoniosa ou de natureza.

Alguns termos semanticamente relacionados a “compatibilidade” são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 - Termos semanticamente relacionados a “Compatibilidade”.
Compatibilidade

Manutenção; Processabilidade; Padronização;
Confiabilidade; Personologia; Subclasse.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.4 Atributo: Competência

Breve descrição e contexto:

- A capacidade de fazer algo com sucesso ou eficiência;
- A capacidade de fazer algo bem feito;
- A qualidade de estar adequado ou bem qualificado física e intelectualmente.

Alguns termos semanticamente relacionados a “competência” são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Termos semanticamente relacionados “a Competência”.

Competência

| | | | |
|---|--------------------|---------------|--------------|
| Credibilidade; | Cortesia; | Compaixão; | Honestidade; |
| Integridade; | Confidencialidade; | Objetividade; | |
| Racionalidade; Autonomia; Capacidade de Resposta. | | | |

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.5 Atributo: Compromisso

Breve descrição e contexto:

- O estado ou qualidade de ser dedicado a uma causa, atividade, etc.;
- Uma vontade de dar seu tempo e energia para algo em que você acredita ou uma promessa ou decisão firme de fazer algo;
- O traço de firmeza sincera e firme de propósito.

Alguns termos semanticamente relacionados a “compromisso” são apresentados na Tabela 40.

Tabela 40 - Termos semanticamente relacionados a “Compromisso”.

Compromisso

| |
|---|
| Satisfação; Envolvimento; Iniciativa; Entusiasmo; Intenção; |
| Atitude; Motivação; Responsabilidade; Paixão; Respeito; |
| Flexibilidade; Adaptabilidade; Lealdade; Integridade; |
| Confiabilidade; Honestidade. |

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.6 Atributo: Comunicação

Breve descrição e contexto:

- A transmissão ou troca de informações por meio da fala, escrita ou utilização de outro meio;
- Os vários métodos de envio de informações entre pessoas e lugares, especialmente telefones, computadores, rádio, etc.;

- A atividade de comunicação ou de transmitir informações.

Alguns termos semanticamente relacionados a “comunicação” são apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Termos semanticamente relacionados a “Comunicação”.

Comunicação

Trabalho em Equipe; Liderança; Solucionamento de Problemas; Tecnologia da Informação; E-mail; Gerenciamento; Disciplina; Finança; Publicidade; Marketing; Relações Públicas; Jornalismo.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.7 Atributo: Controle (de operações)

Breve descrição e contexto:

- O poder de influenciar ou direcionar o comportamento das pessoas ou o curso dos acontecimentos;
- Um meio de limitar ou regular algo;
- O ato de controlar algo ou alguém, ou o poder de fazer isso;
- A atividade de gerenciar ou exercer controle sobre algo.

Alguns termos semanticamente relacionados a “controle” são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Termos semanticamente relacionados a “Controle”.

Controle

Comando; Planejamento; Função; Vigilância; Monitoramento; Gerenciamento; Aplicação; Sistema; Dispositivo; Medida; Prevenção; Regulação.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.8 Atributo: Cooperação

Breve descrição e contexto:

- A ação ou processo de trabalhar juntos para o mesmo fim;
- O processo de trabalhar com outra empresa, organização ou país para conseguir algo;
- Operação ou ação conjunta;

- O processo de grupos que trabalham ou agem em conjunto para benefício mútuo.

Alguns termos semanticamente relacionados a “cooperação” são apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 - Termos semanticamente relacionados a “Cooperação”.

Cooperação

Coordenação; Empreendimento Conjunto; Habilidade Social; Trabalho em Equipe; Confiança Mútua; Compartilhamento; Honestidade; Crescimento Econômico; Cognição; Altruísmo; Restabelecimento; Plenário.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo autor (2018).

6.2.2.1.3.9 Atributo: Cultura

Breve descrição e contexto:

- As ideias e formas de trabalho que são típicas de uma organização e que afetam como ela faz negócios e como seus funcionários se comportam;
- As atitudes e comportamentos característicos de um determinado grupo social;
- Conjunto de crenças, valores, costumes e atitudes de um dado segmento da sociedade ou de uma organização.

Alguns termos semanticamente relacionados a “cultura” são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 - Termos semanticamente relacionados a “Cultura”.

Cultura

Tradição; Herança; Ambiente; Sociedade; Economia; Educação; Etnicidade; Religião; História; Identidade; Arte; Literatura; Política.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.10 Atributo: Estratégia

Breve descrição e contexto:

- Um plano de ação projetado para atingir um objetivo de longo prazo ou geral;
- Um plano de longo prazo para alcançar algo ou alcançar uma meta, ou a habilidade de elaborar tais planos;

- A maneira pela qual uma empresa, governo ou outra organização planeja cuidadosamente suas ações durante um período de tempo para melhorar sua posição e alcançar o que deseja;
- Um plano de ação elaborado e sistemático.

Alguns termos semanticamente relacionados a “estratégia” são apresentados na Tabela 45.

Tabela 45 - Termos semanticamente relacionados a “Estratégia”.

| Estratégia |
|--|
| Gerenciamento; Gestão de recursos; Finanças; Planejamento; Marketing; Política; Objetivo; Plano; Iniciativa; Tática; Técnica; Contabilidade; Análise; Domínio. |

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.11 Atributo: Estrutura Empresarial

Breve descrição e contexto:

- Responsabilidades, vinculações hierárquicas e relacionamentos configurados segundo um modelo através do qual uma organização executa suas funções;
- O modo como uma grande empresa ou organização é organizada, por exemplo, os tipos de relacionamentos existentes entre gerentes e funcionários.

Alguns termos semanticamente relacionados a “estrutura empresarial” são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 - Termos semanticamente relacionados a “Estrutura Empresarial”.

| Estrutura Empresarial |
|--|
| Responsabilidade; Relacionamentos; Organização; Hierarquia; Empregador; Empregado. |

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo autor (2018).

6.2.2.1.3.12 Atributo: Informação

Breve descrição e contexto:

- Conhecimento adquirido através de estudo, experiência ou instrução;
- Compreensão de coisas reais ou conceitos abstratos;
- Fatos fornecidos ou aprendidos sobre algo ou alguém.

Alguns termos semanticamente relacionados a “informação” são apresentados na Tabela 47.

Tabela 47 - Termos semanticamente relacionados a “Informação”

Informação

Texto; Gráfico; Conteúdo; Documento; Imagem; Notícias; Conselho; Serviço; Senha; Data; Detalhe; Número; Nome; Endereço; Dado; Material.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo autor (2018).

6.2.2.1.3.13 Atributo: Integração

Breve descrição e contexto:

- O processo de combinar duas ou mais coisas em uma;
- Ação de incorporar, de unir os elementos num só grupo;
- O ato de combinar em um todo integral.

Alguns termos semanticamente relacionados a “integração” são apresentados na Tabela 48.

Tabela 48 - Termos semanticamente relacionados a “Integração”.

Integração

Automação; Substituição; Desenvolvimento de Software; Implementação; Verificação; Otimização; Criação; Capabilidade; Funcionalidade; Acessibilidade; Gerenciamento de Dados; Fluxo de Trabalho; Consolidação; Flexibilidade; Globalização; Diferenciação.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.14 Atributo: Normatização

Breve descrição e contexto:

- O processo de fazer algo se adequar a um padrão;
- O processo de implementação e desenvolvimento de padrões técnicos baseados no consenso de diferentes partes que incluem empresas, usuários, grupos de interesse, organizações de padrões e governos, de forma a maximizar a compatibilidade, interoperabilidade, segurança, repetibilidade ou qualidade;
- O processo de fazer coisas do mesmo tipo terem os mesmos recursos básicos;

- A condição na qual um padrão foi estabelecido com sucesso.

Alguns termos semanticamente relacionados a “normatização” são apresentados na Tabela 49.

Tabela 49 - Termos semanticamente relacionados a “Normatização”.

Normatização

Semelhança; Uniformidade; Codificação; Normalização;
 Idealização; Intercambialidade; Comunalidade;
 Transportabilidade; Racionalização; Centralização;
 Controle de Qualidade; Priorização.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.15 Atributo: Processo

Breve descrição e contexto:

- Uma série de ações ou medidas tomadas para atingir um fim específico;
- Uma série sistemática de operações mecanizadas ou químicas que são realizadas para produzir algo;
- Um método de produzir bens em uma determinada indústria;
- Um determinado curso de ação destinado a alcançar um resultado.

Alguns termos semanticamente relacionados a “processo” são apresentados na Tabela 50.

Tabela 50 - Termos semanticamente relacionados a “Processo”.

Processo

Procedimento; Formação; Aplicação; Método;
 Desenvolvimento; Avaliação; Gerenciamento;
 Planejamento; Crescimento; Estratégia; Memória;
 Avaliação; Manufatura; Síntese; Processamento; Produção;
 Fluxo; Função.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo autor (2018).

6.2.2.1.3.16 Atributo: Recursos Humanos

Breve descrição e contexto:

- Relacionado a aspectos pessoais (treinamento, maturidade, habilidades, colaboradores);
- Preocupado com as relações entre funcionários (e empregador);

- Alinhado com a estratégia de negócios, organização de processos de reengenharia, ouvir e atender a funcionários e gerenciar transformações e mudanças.

Alguns termos semanticamente relacionados a “recursos humanos” são apresentados na Tabela 51.

Tabela 51 - Termos semanticamente relacionados a “Recursos Humanos”.

Recursos Humanos

Relações Públicas; Serviço de Atendimento ao Cliente; Sistemas de Informação; Gerenciamento; Serviços Financeiros; Tecnologia da Informação; Área de Suporte; Saúde Ocupacional; Desenvolvimento de Negócios; Planejamento de Negócios; Serviço Público; Serviços de Suporte; Gestão de Riscos; Treinamento; Serviço Social.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.17 Atributo: Responsabilidade

Breve descrição e contexto:

- O estado ou fato de ter o dever de lidar com algo ou de ter controle sobre alguém;
- Estar em uma posição de autoridade sobre alguém e ter o dever de assegurar que certas coisas sejam feitas;
- O traço de ser responsável por alguém, por algo ou ser responsável por sua conduta.

Alguns termos semanticamente relacionados a “responsabilidade” são apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 - Termos semanticamente relacionados a “Responsabilidade”.

Responsabilidade

Comprometimento; Dever; Negócio; Cidadania; Direito; Sustentabilidade; Contabilidade; Governança; Liderança; Direitos Humanos; Ética; Liberdade; Justiça; Trabalho em Equipe; Respeito; Cuidado.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.2.1.3.18 Atributo: Tecnologia da Informação / Comunicação

Breve descrição e contexto:

- O estudo ou uso de sistemas (especialmente computadores e telecomunicações) para armazenar, recuperar e enviar informações;
- A ciência e atividade de usar computadores e outros equipamentos eletrônicos para armazenar e enviar informações;
- O ramo da engenharia que lida com o uso de computadores e telecomunicações para recuperar e armazenar e transmitir informações.

Alguns termos semanticamente relacionados a “tecnologia da informação / comunicação” são apresentados na Tabela 53.

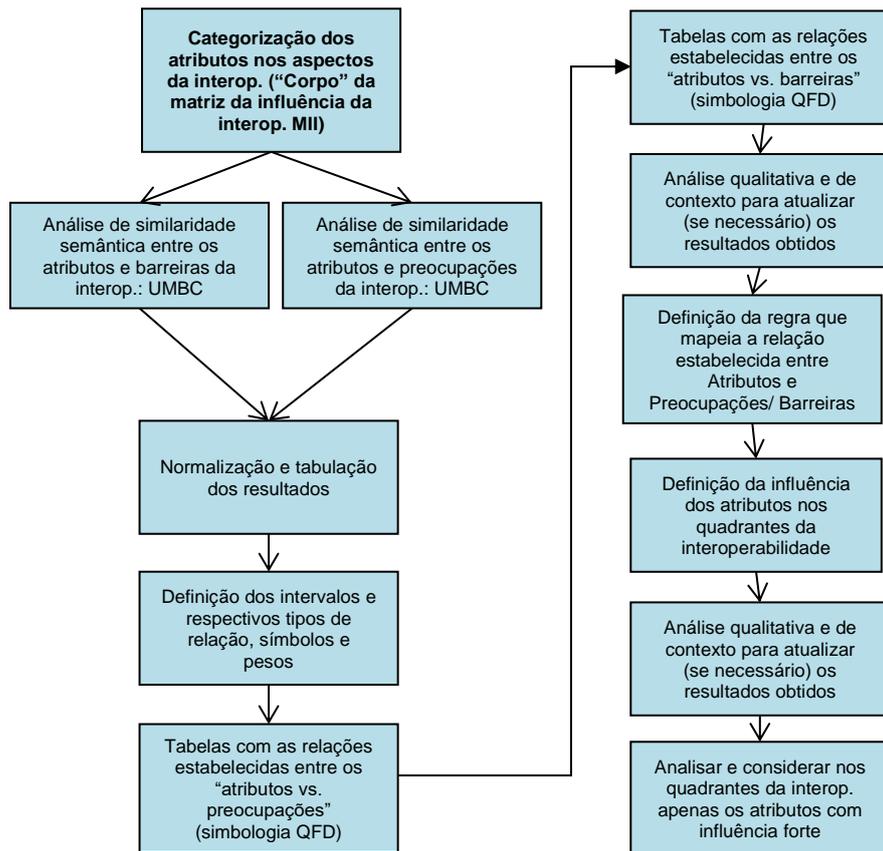
Tabela 53 - Termos semanticamente relacionados a “Tecnologia da Informação/Comunicação”
Tecnologia da Informação/Comunicação

Engenharia Elétrica; Engenharia de Software; Ciência da Computação; Sistemas de Informação; Administração de Empresas; Serviços de Negócios; Serviços Financeiros; Recursos Humanos; Desenvolvimento de Negócios; Serviços de Suporte; Atendimento ao Cliente; Solucionamento de Problemas; Novas Tecnologias; Propriedade Intelectual.

Fonte: PANCHENKO et al. (2013), adaptado pelo Autor (2018).

6.2.3 Desenvolvimento da Atividade (A03) – Categorização dos atributos nos aspectos da interoperabilidade

Com o estabelecimento e definição dos atributos, procede-se com sua classificação em relação aos aspectos da interoperabilidade. Ao classificar a relação estabelecida entre cada um dos atributos e as preocupações e barreiras da interoperabilidade por meio de interpolação, podem ser definidos os atributos de maior relevância em cada um dos quadrantes da interoperabilidade (considerando a relação estabelecida entre os atributos e “preocupações vs. barreiras”). A Figura 97 exemplifica este procedimento.

**Legenda:**

Atributos - Aquilo que é próprio de algo, como características, classes e variáveis.
 Interop. - Interoperabilidade
 MII - Matriz de influência da interoperabilidade

QFD - Desdobramento da função qualidade
 UMBC - *Semantic similarity service*

Figura 97 - Fluxograma de Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A03: Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade.
 Fonte: O autor, 2018

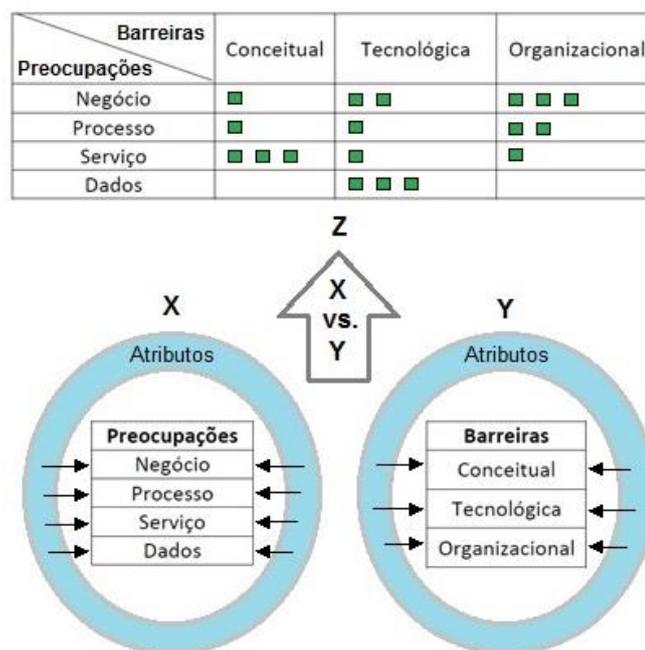


Figura 98 - Mapeamento dos atributos nos aspectos da interoperabilidade
Fonte: O Autor, 2018.

Para esta tarefa, adota-se uma metodologia similar à utilizada por CESTARI (2015), constituída de duas fases. Na primeira fase, conduz-se uma análise de similaridade semântica entre os atributos e preocupações/barreiras da interoperabilidade. Na segunda fase, por meio de uma análise qualitativa e de contexto (considerando o detalhamento dos atributos apresentados nas sessões anteriores), os resultados obtidos na primeira fase são revisados e atualizados (quando necessário), a fim de concluir o processo de categorização.

Como passo inicial na categorização dos atributos nos aspectos da interoperabilidade, utiliza-se o *UMBC Semantic Similarity Service* (*The UMBC Ebiqity Research Group, 2013*), um *software* capaz de atribuir valor numérico (entre zero e um) para a similaridade semântica estabelecida entre duas palavras (termos) ou frases. Dessa forma, a similaridade semântica entre os atributos, preocupações e barreiras da interoperabilidade foi quantificada, servindo de referência inicial para definir em qual aspecto da interoperabilidade cada atributo está inserido. Após a obtenção dos dados brutos, os valores foram normalizados e são apresentados nos Quadros 29 e 30.

Quadro 29- Comparação Semântica (Atributos x Preocupações)

| Atributos | Preocupações | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|-------------|
| | <i>Business</i> | <i>Process</i> | <i>Service</i> | <i>Data</i> |
| Adaptabilidade - AD | 1,0000 | 0,0000 | 0,0561 | 0,0000 |
| Colaboração - CL | 0,1059 | 0,2152 | 0,3172 | 1,0000 |
| Compatibilidade - CT | 0,5348 | 0,8256 | 0,7872 | 1,0000 |
| Competências - CP | 1,0000 | 0,5757 | 0,4955 | 0,0000 |
| Compromisso - CS | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000 |
| Comunicação - CM | 0,3275 | 0,0135 | 1,0000 | 0,7934 |
| Controle de Operações - CO | 1,0000 | 0,9272 | 0,3497 | 0,0644 |
| Cooperação - CR | 0,2024 | 0,8436 | 0,3161 | 1,0000 |
| Cultura - CA | 0,8777 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0860 |
| Estratégia - ES | 1,0000 | 0,9747 | 0,0435 | 0,3175 |
| Estrutura Empresarial - EE | 0,0838 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0122 |
| Informação - IF | 0,0425 | 0,0249 | 0,1761 | 1,0000 |
| Integração - IT | 0,0406 | 0,5790 | 0,7785 | 1,0000 |
| Normatização - NO | 0,3399 | 1,0000 | 0,0000 | 0,6892 |
| Processos - PR | 0,0845 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0790 |
| Recursos Humanos - RH | 0,0415 | 0,2426 | 1,0000 | 0,8129 |
| Responsabilidade - RE | 0,0000 | 1,0000 | 0,8789 | 0,2081 |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | 0,4762 | 0,1256 | 0,2938 | 1,0000 |

Fonte: O Autor, 2018.

Quadro 30 - Comparação Semântica (Atributos x Barreiras)

| Atributos | Barreiras | | |
|--|-------------------|----------------------|-----------------------|
| | <i>Conceptual</i> | <i>Technological</i> | <i>Organizational</i> |
| Adaptabilidade - AD | 0,3872 | 1,0000 | 0,7017 |
| Colaboração - CL | 1,0000 | 0,5104 | 0,0000 |
| Compatibilidade - CT | 0,3747 | 0,7872 | 1,0000 |
| Competências - CP | 0,1290 | 0,3516 | 1,0000 |
| Compromisso - CS | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| Comunicação - CM | 0,3890 | 0,9465 | 1,0000 |
| Controle de Operações - CO | 0,0970 | 1,0000 | 0,7898 |
| Cooperação - CR | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000 |
| Cultura - CA | 0,2393 | 1,0000 | 0,3383 |
| Estratégia - ES | 0,6216 | 0,8521 | 1,0000 |
| Estrutura Empresarial - EE | 0,3367 | 1,0000 | 0,6079 |
| Informação - IF | 0,6806 | 1,0000 | 0,0000 |
| Integração - IT | 0,2367 | 1,0000 | 0,3771 |
| Normatização - NO | 0,3926 | 1,0000 | 0,6462 |
| Processos - PR | 1,0000 | 0,2534 | 0,0659 |
| Recursos Humanos - RH | 0,2024 | 1,0000 | 0,6615 |
| Responsabilidade - RE | 0,9637 | 0,1793 | 1,0000 |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | 0,1483 | 1,0000 | 0,2818 |

Fonte: O Autor, 2018.

Vale ressaltar que, ao analisar valores normalizados, o valor “1” não indica que o par (atributo x preocupação ou atributo x barreira) possui 100% de similaridade semântica, mas que possui o maior valor entre os outros pares analisados.

O próximo passo se constitui na definição dos intervalos de distribuição, de forma a preparar e organizar os dados na estrutura e simbologia da Matriz de

Correlação dos Atributos da Interoperabilidade (do inglês *Interoperability Attributes Correlation Matrix* - IACM), contemplando suas relações e correlações. Os tipos de relação, intervalos, símbolos IACM e pesos relacionados às preocupações da interoperabilidade são mostrados no Quadro 31.

Quadro 31 - Tipos de relação, intervalos, símbolos e pesos (Preocupações)

| Tipo de relação | Intervalo | Símbolo IACM | Peso |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|
| Fraca | $\leq 0,3333$ | ▲ | 1 |
| Moderada | $> 0,3333$ e $< 0,6666$ | ○ | 3 |
| Forte | $\geq 0,6666$ | ⊖ | 9 |

Fonte: O autor, 2018.

A regra utilizada para atribuir o peso para as relações que se estabelecem entre os atributos e preocupações da interoperabilidade é a seguinte: começando com peso 1, aumentando em progressão geométrica de razão 3 a cada nível.

- Relacionamento fraco - peso 1;
- Relacionamento moderado - peso 3;
- Relacionamento forte - peso 9.

Partindo dos valores apresentados no Quadro 30 e dos intervalos e símbolos apresentados no Quadro 31 foi composto o Quadro 32, que demonstra a relação estabelecida entre os atributos da GE na indústria e as preocupações da interoperabilidade.

Quadro 32- Relações estabelecidas entre os Atributos e Preocupações

| Atributos | Preocupações | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|-------------|
| | Business | Process | Service | Data |
| Adaptabilidade - AD | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Colaboração - CL | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Compatibilidade - CT | ○ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| Competências - CP | ⊖ | ○ | ○ | ▲ |
| Compromisso - CS | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ |
| Comunicação - CM | ▲ | ▲ | ⊖ | ⊖ |
| Controle de Operações - CO | ⊖ | ⊖ | ○ | ▲ |
| Cooperação - CR | ▲ | ⊖ | ▲ | ⊖ |
| Cultura - CA | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Estratégia - ES | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Estrutura Empresarial - EE | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Informação - IF | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Integração - IT | ▲ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| Normatização - NO | ○ | ⊖ | ▲ | ⊖ |
| Processos - PR | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Recursos Humanos - RH | ▲ | ▲ | ⊖ | ⊖ |
| Responsabilidade - RE | ▲ | ⊖ | ⊖ | ▲ |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ |

Fonte: O Autor, 2018.

Similar ao que foi feito no Quadro 31, o Quadro 33 apresenta o tipo de relação, intervalos, símbolos e pesos relacionados às barreiras da interoperabilidade, também com o intuito de preparar e organizar os dados na estrutura da IACM. Os símbolos e pesos do Quadro 33 foram alterados em relação ao Quadro 31 para facilitar a visualização e as operações aritméticas que serão realizadas ao trabalhar com a IACM nas sessões seguintes.

Quadro 33- Tipos de Relação, Intervalos, Símbolos e Pesos (Barreiras)

| Tipo de relação | Intervalo | Símbolo | Peso |
|-----------------|-------------------------|---------|------|
| Fraca | $\leq 0,3333$ | Δ | 1 |
| Moderada | $> 0,3333$ e $< 0,6666$ | □ | 2 |
| Forte | $\geq 0,6666$ | ◇ | 4 |

Fonte: O autor, 2018.

A regra utilizada para atribuir o peso para as relações que se estabelecem entre os atributos e barreiras da interoperabilidade é a seguinte: começando com peso 1, aumentando em progressão geométrica de razão 2 a cada nível.

- Relacionamento fraco - peso 1;
- Relacionamento moderado - peso 2;
- Relacionamento forte - peso 4.

Partindo dos valores apresentados no Quadro 32 e dos intervalos e símbolos apresentados no Quadro 33, foi composto o Quadro 34, que demonstra a relação estabelecida entre os atributos da GE na indústria e as barreiras da interoperabilidade.

Quadro 34 - Relações Estabelecidas entre os Atributos e Barreiras

| Atributos | Barreiras | | |
|--|------------|---------------|----------------|
| | Conceptual | Technological | Organizational |
| Adaptabilidade - AD | □ | ◇ | ◇ |
| Colaboração - CL | ◇ | □ | △ |
| Compatibilidade - CT | □ | ◇ | ◇ |
| Competências - CP | △ | □ | ◇ |
| Compromisso - CS | △ | △ | ◇ |
| Comunicação - CM | □ | ◇ | ◇ |
| Controle de Operações - CO | △ | ◇ | ◇ |
| Cooperação - CR | △ | ◇ | △ |
| Cultura - CA | △ | ◇ | □ |
| Estratégia - ES | □ | ◇ | ◇ |
| Estrutura Empresarial - EE | □ | ◇ | □ |
| Informação - IF | ◇ | ◇ | △ |
| Integração - IT | △ | ◇ | □ |
| Normatização - NO | □ | ◇ | □ |
| Processos - PR | ◇ | △ | △ |
| Recursos Humanos - RH | △ | ◇ | □ |
| Responsabilidade - RE | ◇ | △ | ◇ |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | △ | ◇ | △ |

Fonte: O Autor, 2018.

Considerando os resultados apresentados nos Quadros 31 a 34, uma análise qualitativa e de contexto (considerando as relações estabelecidas entre os atributos e preocupações/barreiras da interoperabilidade) é realizada para revisar e atualizar o tipo de relação estabelecida entre os mesmos, quando necessário. Tal análise se baseia nas definições dos atributos, *frameworks* e modelos da interoperabilidade, de forma a contemplar as conexões mais pertinentes entre os conceitos dentro do contexto da interoperabilidade para a GE na indústria.

Os resultados desta análise são apresentados no Quadro 35 (preocupações da interoperabilidade) e Quadro 36 (barreiras da interoperabilidade)

Quadro 35- Relações Revisadas (Atributos e Preocupações)

| Atributos | Preocupações | | | |
|---------------------|--------------|---------|---------|------|
| | Business | Process | Service | Data |
| Adaptabilidade - AD | ⊖ | ○ | ○ | ▲ |
| Colaboração - CL | ⊖ | ▲ | ○ | ▲ |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Compatibilidade - CT | ▲ | ▲ | ○ | ⊖ |
| Competências - CP | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Compromisso - CS | ⊖ | ○ | ○ | ▲ |
| Comunicação - CM | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| Controle de Operações - CO | ⊖ | ○ | ○ | ▲ |
| Cooperação - CR | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Cultura - CA | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Estratégia - ES | ⊖ | ○ | ▲ | ▲ |
| Estrutura Empresarial - EE | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Informação - IF | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| Integração - IT | ⊖ | ⊖ | ▲ | ○ |
| Normatização - NO | ○ | ⊖ | ▲ | ○ |
| Processos - PR | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ |
| Recursos Humanos - RH | ⊖ | ▲ | ○ | ▲ |
| Responsabilidade - RE | ⊖ | ⊖ | ○ | ▲ |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | ⊖ | ○ | ⊖ | ⊖ |

Fonte: O Autor, 2018.

Quadro 36- Relações Revisadas (Atributos e Barreiras)

| Atributos | Barreiras | | |
|--|------------|---------------|----------------|
| | Conceptual | Technological | Organizational |
| Adaptabilidade - AD | △ | △ | ◇ |
| Colaboração - CL | △ | △ | ◇ |
| Compatibilidade - CT | □ | ◇ | □ |
| Competências - CP | △ | △ | ◇ |
| Compromisso - CS | □ | △ | ◇ |
| Comunicação - CM | □ | □ | ◇ |
| Controle de Operações - CO | □ | □ | ◇ |
| Cooperação - CR | △ | △ | ◇ |
| Cultura - CA | ◇ | △ | ◇ |
| Estratégia - ES | ◇ | △ | ◇ |
| Estrutura Empresarial - EE | □ | △ | ◇ |
| Informação - IF | ◇ | △ | ◇ |
| Integração - IT | △ | ◇ | □ |
| Normatização - NO | □ | □ | ◇ |
| Processos - PR | △ | □ | ◇ |
| Recursos Humanos - RH | △ | △ | ◇ |
| Responsabilidade - RE | △ | △ | ◇ |
| Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC | △ | ◇ | □ |

Fonte: O Autor, 2018.

Finalmente, a fim de classificar os atributos nos aspectos da interoperabilidade, uma regra aritmética simples é aplicada à relação estabelecida entre as barreiras e preocupações para definir em quais quadrantes cada atributo ocorre. No Quadro 37, é mostrada a regra em função dos pesos atribuídos à interpolação das relações estabelecidas entre os atributos, preocupações e barreiras, onde a força da relação estabelecida é representada por cores (verde para relações fortes, amarelo para relações moderadas e vermelho para relações fracas).

Quadro 37- Produto entre as Preocupações e Barreiras considerando os Pesos

| | | Pesos | Barreiras | | |
|--------------|---|-------|-----------|----|---|
| | | | ◇ | □ | △ |
| Preocupações | Θ | 9 | 36 | 18 | 9 |
| | O | 3 | 12 | 6 | 3 |
| | ▲ | 1 | 4 | 2 | 1 |

Fonte: O Autor, 2018.

O Quadro 38, derivado do Quadro 37, apresenta o resultado do produto em função dos símbolos MII.

Quadro 38 - Produto entre as Preocupações e Barreiras considerando os Símbolos MII

| | | Barreiras | | |
|--------------|---|-----------|---|---|
| | | ◇ | □ | △ |
| Preocupações | Θ | Θ | Θ | O |
| | O | O | O | ▲ |
| | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |

Fonte: O Autor, 2018.

Os Quadros 37 e 38 propõem que se a relação estabelecida entre um atributo e uma preocupação for forte e a relação entre uma barreira e uma preocupação é forte ou moderada, a relação estabelecida entre o referido atributo e o par “Barreira X Preocupação” é forte.

Esta análise é conduzida para todos os atributos e preocupações/barreiras. Este procedimento resulta em um quadro que contempla todos os tipos de relações (fraca, moderada e forte), conforme mostrado no Quadro 39. Como etapa final para a categorização dos atributos nos aspectos da interoperabilidade, uma nova análise qualitativa foi conduzida para atualizar a relação estabelecida entre os atributos e preocupações/barreiras, resultando no Quadro 40.

Define-se que apenas as células com relação forte terão seus atributos avaliados, resultando na representação final dos atributos nos aspectos da interoperabilidade, conforme mostrado no Quadro 41.

Quadro 39 - Matriz de Produtos Resultantes (Matriz de Influência da Interoperabilidade MII)

| Atributos Preocupações/Barreiras | Adaptabilidade - AD | Colaboração - CL | Compatibilidade - CT | Competências - CP | Compromisso - CS | Comunicação - CM | Controle de Operações - CO | Cooperação - CR | Cultura - CA | Estratégia - ES | Estrutura Empresarial - EE | Informação - IF | Integração - IT | Normatização - NO | Processos - PR | Recursos Humanos - RH | Responsabilidade - RE | Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | Business X Conceptual (BC) | O | O | ▲ | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | O | O | O | O |
| Business X Technological (BT) | O | ⊖ | ▲ | O | O | ⊖ | ⊖ | O | O | O | O | O | ⊖ | O | ⊖ | O | O | ⊖ |
| Business X Organizational (BO) | ⊖ | ⊖ | ▲ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| Process X Conceptual (PC) | ▲ | ▲ | ▲ | O | O | ⊖ | O | ▲ | ⊖ | O | ⊖ | ⊖ | O | ⊖ | O | ▲ | O | ▲ |
| Process X Technological (PT) | ▲ | ▲ | ▲ | O | ▲ | ⊖ | O | ▲ | O | ▲ | O | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ▲ | O | O |
| Process X Organizational (PO) | O | ▲ | ▲ | ⊖ | O | ⊖ | O | ▲ | ⊖ | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ▲ | ⊖ | O |
| Service X Conceptual (SC) | ▲ | ▲ | O | ▲ | O | ⊖ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | O |
| Service X Technological (ST) | ▲ | O | O | ▲ | ▲ | ⊖ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Service X Organizational (SO) | O | O | O | ▲ | O | ⊖ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | O | O | ⊖ |
| Data X Conceptual (DC) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | O |
| Data X Technological (DT) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | O | O | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Data X Organizational (DO) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | O | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |

Fonte: O Autor, 2018.

Quadro 40 - Matriz Atualizada de Produtos Resultantes (após Análise Qualitativa)

| Atributos | Adaptabilidade - AD | Colaboração - CL | Compatibilidade - CT | Competências - CP | Compromisso - CS | Comunicação - CM | Controle de Operações - CO | Cooperação - CR | Cultura - CA | Estratégia - ES | Estrutura Empresarial - EE | Informação - IF | Integração - IT | Normatização - NO | Processos - PR | Recursos Humanos - RH | Responsabilidade - RE | Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | Preocupações x Barreiras | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Business X Conceptual (BC) | O | O | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | O | O | O | O | O | O |
| Business X Technological (BT) | O | ⊖ | ▲ | O | ▲ | ⊖ | ⊖ | O | O | O | ⊖ | O | ⊖ | O | O | O | O | ⊖ |
| Business X Organizational (BO) | ⊖ | O | ▲ | O | ⊖ | O | O | ⊖ | ⊖ | O | ⊖ | O | O | O | O | ⊖ | ⊖ | O |
| Process X Conceptual (PC) | ▲ | ▲ | ▲ | O | O | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | O | O | ⊖ | O | ⊖ | ⊖ | ▲ | O | ▲ |
| Process X Technological (PT) | ▲ | ▲ | ▲ | O | ▲ | O | O | ▲ | O | ▲ | O | O | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ▲ | O | O |
| Process X Organizational (PO) | O | ▲ | ▲ | ▲ | O | ⊖ | O | ▲ | O | O | ▲ | O | ▲ | ⊖ | ⊖ | ▲ | ⊖ | O |
| Service X Conceptual (SC) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | O | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | O |
| Service X Technological (ST) | ▲ | O | ⊖ | ▲ | ▲ | O | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | O | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Service X Organizational (SO) | O | O | O | ⊖ | O | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | O | O | ⊖ |
| Data X Conceptual (DC) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Data X Technological (DT) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | O | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |
| Data X Organizational (DO) | ▲ | ▲ | ⊖ | ▲ | ▲ | O | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ | O | O | ▲ | ▲ | ▲ | ⊖ |

Fonte: O Autor, 2018.

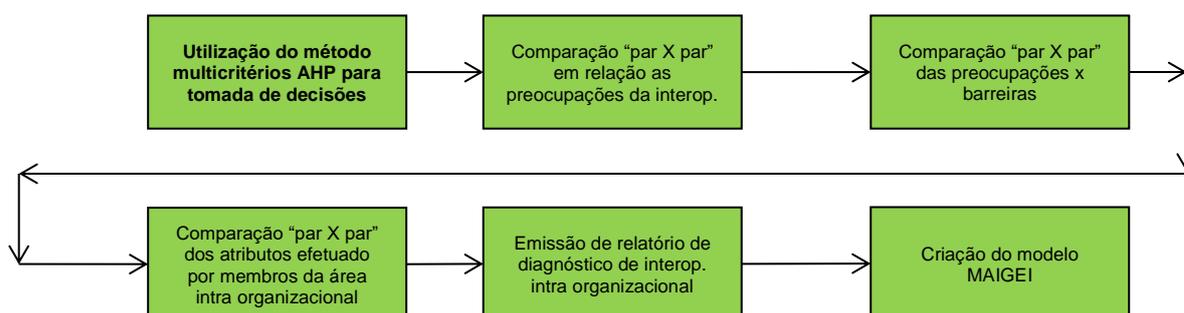
Quadro 41 - Distribuição dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade

| Atributos | Adaptabilidade - AD | Colaboração - CL | Compatibilidade - CT | Competências - CP | Compromisso - CS | Comunicação - CM | Controle de Operações - CO | Cooperação - CR | Cultura - CA | Estratégia - ES | Estrutura Empresarial - EE | Informação - IF | Integração - IT | Normatização - NO | Processos - PR | Recursos Humanos - RH | Responsabilidade - RE | Tecnologia da Informação/Comunicação - TIC |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | Preocupações x Barreiras | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Business X Conceptual (BC) | | | | ⊖ | | | | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | | | | | | |
| Business X Technological (BT) | | ⊖ | | | | ⊖ | ⊖ | | | | ⊖ | | ⊖ | | | | | ⊖ |
| Business X Organizational (BO) | ⊖ | | | | ⊖ | | | ⊖ | ⊖ | | ⊖ | | | | | ⊖ | ⊖ | |
| Process X Conceptual (PC) | | | | | | | ⊖ | | | | | ⊖ | | ⊖ | ⊖ | | | |
| Process X Technological (PT) | | | | | | | | | | | | | ⊖ | ⊖ | ⊖ | | | |
| Process X Organizational (PO) | | | | | | ⊖ | | | | | | | | ⊖ | ⊖ | | ⊖ | |
| Service X Conceptual (SC) | | | ⊖ | | | | | | | | | ⊖ | | | | | | |
| Service X Technological (ST) | | | ⊖ | | | | | | | | | | ⊖ | | | | | ⊖ |
| Service X Organizational (SO) | | | | ⊖ | | | | | | | ⊖ | ⊖ | | | | | | ⊖ |
| Data X Conceptual (DC) | | | ⊖ | | | ⊖ | | | | | | ⊖ | | | | | | ⊖ |
| Data X Technological (DT) | | | ⊖ | | | ⊖ | | | | | | ⊖ | | | | | | ⊖ |
| Data X Organizational (DO) | | | ⊖ | | | | | | | | | ⊖ | | | | | | ⊖ |

Fonte: O autor, 2018.

6.2.4 Desenvolvimento da Atividade (A04) – Aplicar ferramentas de decisão multicritério e matriz de influência de interoperabilidade

A Figura 99 apresenta o desenvolvimento da atividade A04, onde se identifica e se aplica as ferramentas de decisão multicritério, de avaliação da interoperabilidade e a matriz de influência de interoperabilidade.



Legenda:

Atributos - Aquilo que é próprio de algo, como características, classes e variáveis.
 AHP - *Analytical Hierarchy Process*

Interop. - Interoperabilidade
 MAIGEI - Modelo de avaliação da interoperabilidade organizacional para a gestão da energia na indústria

Figura 99 - Fluxograma de Criação do Modelo MAIGEI – Atividades A04: Categorização dos Atributos nos Aspectos da Interoperabilidade e Aplicação do Método de Decisão Multicritério.

Fonte: O Autor, 2018.

6.2.4.1 Estrutura de avaliação multicritério

Conforme a revisão teórico-conceitual apresentada no Item 4.5.7 deste trabalho, o método de decisão multicritério adotado é o *Analytical Hierarchy Process* - AHP. A fim de fornecer os resultados do diagnóstico, o MAIGEI utiliza comparações em pares, seguindo a estrutura AHP. Como resultado, as comparações fornecem as ponderações referentes aos níveis de importância atribuídos aos critérios sob comparação, a partir do nível hierárquico inferior (alternativas) até o nível hierárquico superior (AIO).

A aplicação do modelo MAIGEI, com base em sua característica estrutural de avaliação fundamentada no método AHP, não objetiva escolher uma “melhor alternativa” entre os atributos existentes no nível inferior da estrutura hierárquica, mas sim, obter uma medida da compatibilidade organizacional entre duas áreas internas à

organização para a interoperabilidade de um SGE. Assim, não se trata de uma questão de “pura escolha”, mas sim de verificar os posicionamentos de critérios específicos para determinar o nível de compatibilidade existente entre duas áreas intra-organizacionais distintas.

6.2.4.2 Estrutura e componentes do modelo de avaliação baseado no método AHP

A Figura 100, apresentada a seguir, representa a estrutura e os componentes do modelo proposto.

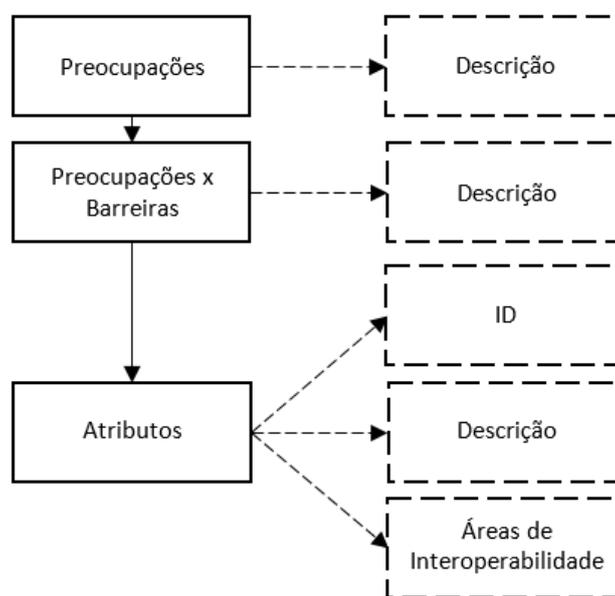


Figura 100 - Estrutura Geral do Modelo
Fonte: O Autor, 2018.

Os dois primeiros blocos em linha sólida da Figura 100, “Preocupações” e “Preocupações x Barreiras”, são relacionados aos aspectos da IO. O bloco “Atributos” representa as características e variáveis pertinentes a uma organização, utilizados para avaliar e alcançar a interoperabilidade no contexto da GE na IEI, já apresentados em sessões anteriores.

Os blocos em linha pontilhada dizem respeito aos componentes informativos relacionados aos blocos em linha sólida, quando estes são conectados por setas pontilhadas. Os blocos “Descrição” concernem à descrição (significado, interpretação e aplicação) das “Preocupações”, “Preocupações x Barreiras” e “Atributos” apresentadas em sessões anteriores, cujo entendimento é de fundamental

importância para a etapa da coleta de dados. O bloco “ID” refere-se aos acrônimos adotados para os atributos (“AD” para adaptabilidade, por exemplo) e o bloco “Áreas de Interoperabilidade” diz respeito ao mapeamento dos quadrantes da interoperabilidade em que os atributos se manifestam com maior relevância, processo também já apresentado em sessões anteriores.

Partindo de uma visão mais prática, a Figura 101 e a Figura 102 (derivadas da Figura 95) ilustram o modelo com maior detalhamento. A Figura 101 apresenta, em uma perspectiva geral, as camadas da estrutura de decisão multicritério. A primeira camada contém as quatro preocupações da interoperabilidade (*Business, Process, Service e Data*) e, de forma hierárquica, orienta a derivação das demais camadas da estrutura. Por comporem o nível hierárquico superior da estrutura AHP, tais critérios (preocupações) estão relacionados a uma visão estratégica da interoperabilidade de um SGE na IEI.

A segunda camada contém as barreiras da interoperabilidade atreladas às preocupações, ou seja, para cada uma das preocupações há três barreiras (*Conceptual, Thecnological e Organizational*). Assim, as três caixas abaixo de cada preocupação representam o aspecto de “Preocupações x Barreiras” ou “Áreas de Interoperabilidade”, presentes na Figura 101, também designados “quadrantes” da interoperabilidade. A primeira letra presente nos quadros das barreiras indica a qual preocupação determinada barreira está relacionada (“BC” - *Business Conceptual*; “DT” - *Data Organizational*). Por comporem o nível hierárquico intermediário da estrutura AHP, tais critérios (quadrantes) estão relacionados a uma visão gerencial da interoperabilidade de um SGE na IEI.

Por fim, na terceira camada estão os quadros que representam os atributos relacionados a cada uma das áreas de interoperabilidade, apresentados por “At-1” a “At-n”. Por comporem o nível hierárquico inferior da estrutura AHP, tais critérios (atributos) estão relacionados a uma visão operacional da interoperabilidade de um SGE na IEI.

A Figura 102 apresenta uma visão “ampliada” da estrutura do modelo, utilizando a preocupação processo (*process*) como exemplo. É possível identificar as três camadas da estrutura de decisão multicritério já apresentadas: (i) Preocupação (processo); (ii) Preocupação x Barreiras (Processo Conceitual - PC; Processo

Tecnológico - PT; Processo Organizacional - PO); (iii) Atributos (normatização, atributo com forte influência nos quadrantes PC, PT e PO).

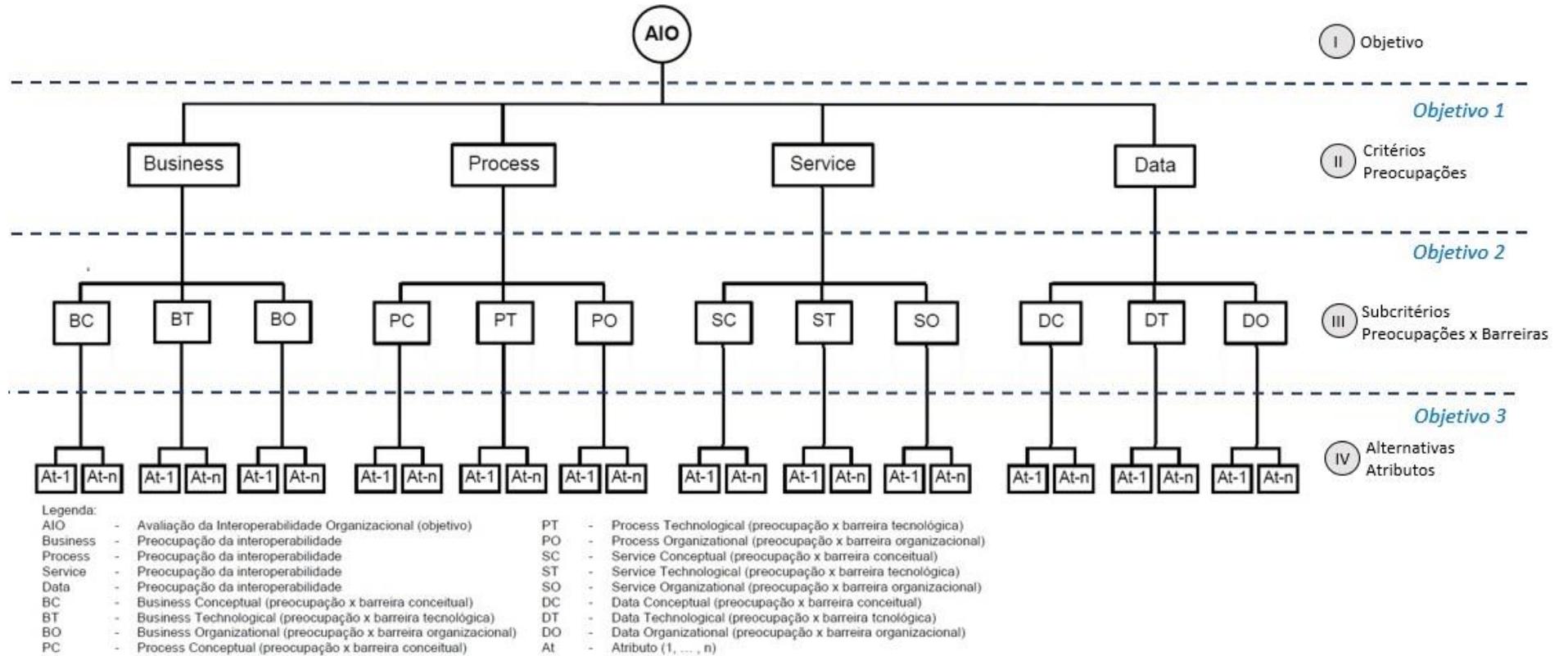


Figura 101 - Estrutura Geral do Modelo de Avaliação Multicritério
 Fonte: O Autor, 2018.

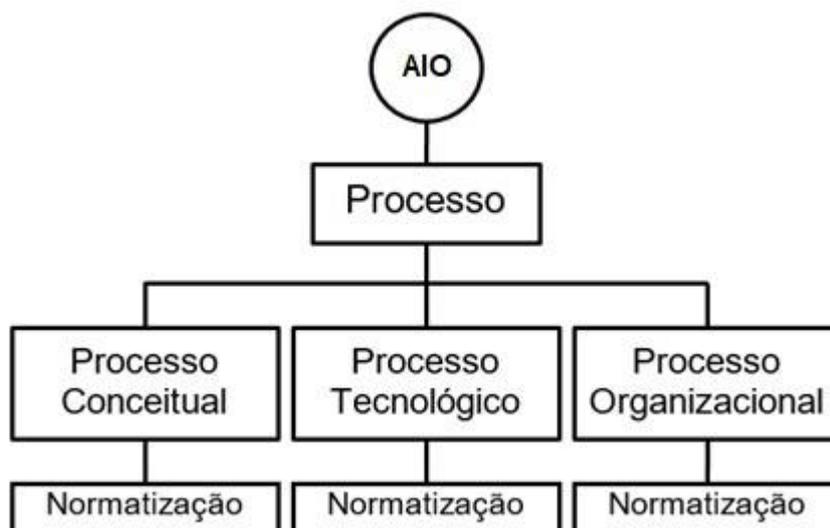


Figura 102 - Estrutura do Modelo utilizando a Preocupação “Processo” como Exemplo
Fonte: O Autor, 2018.

6.2.4.3 Comparação entre pares (par a par)

As comparações entre pares (par a par) previstas na estrutura do método AHP são realizadas para atender aos objetivos da avaliação do diagnóstico organizacional. Como resultado de tais comparações é gerada a distribuição de pesos das alternativas em função do objetivo.

6.2.4.3.1 Comparações de preocupações e comparações preocupações x barreiras

Ao realizar a comparação par a par entre as preocupações e entre os quadrantes (preocupações vs. barreiras) da interoperabilidade no domínio da GE na IEI, pretende-se avaliar o grau de “atenção” e/ou “foco” que as áreas selecionadas da organização apresentam em relação a determinado item (critério). As comparações realizadas no nível das preocupações da interoperabilidade fornecem uma perspectiva gerencial referente ao diagnóstico da interoperabilidade, enquanto as comparações realizadas no nível dos quadrantes (preocupações vs. barreiras) da interoperabilidade fornecem uma percepção tática.

A fim de exemplificar o processo de comparação entre pares, a Figura 103 apresenta as comparações a serem realizadas entre as preocupações e entre os quadrantes (“preocupações x barreiras”) da interoperabilidade. As setas vermelhas pontilhadas representam comparações realizadas par a par entre as preocupações,

ou seja, “Preocupação 1 vs. Preocupação 2”, “Preocupação 1 vs. Preocupação n” e “Preocupação 2 vs. Preocupação n”, de forma que todas as preocupações sejam comparadas em pares. Da mesma forma, as setas azuis pontilhadas representam as comparações em relação à preocupação e as barreiras da interoperabilidade (quadrantes), de forma que todos os quadrantes sejam comparados em pares (“Preocupação x Conceitual vs. Preocupação x Tecnológica”, “Preocupação x Conceitual vs. Preocupação x Organizacional” e “Preocupação x Tecnológica vs. Preocupação x Organizacional”).

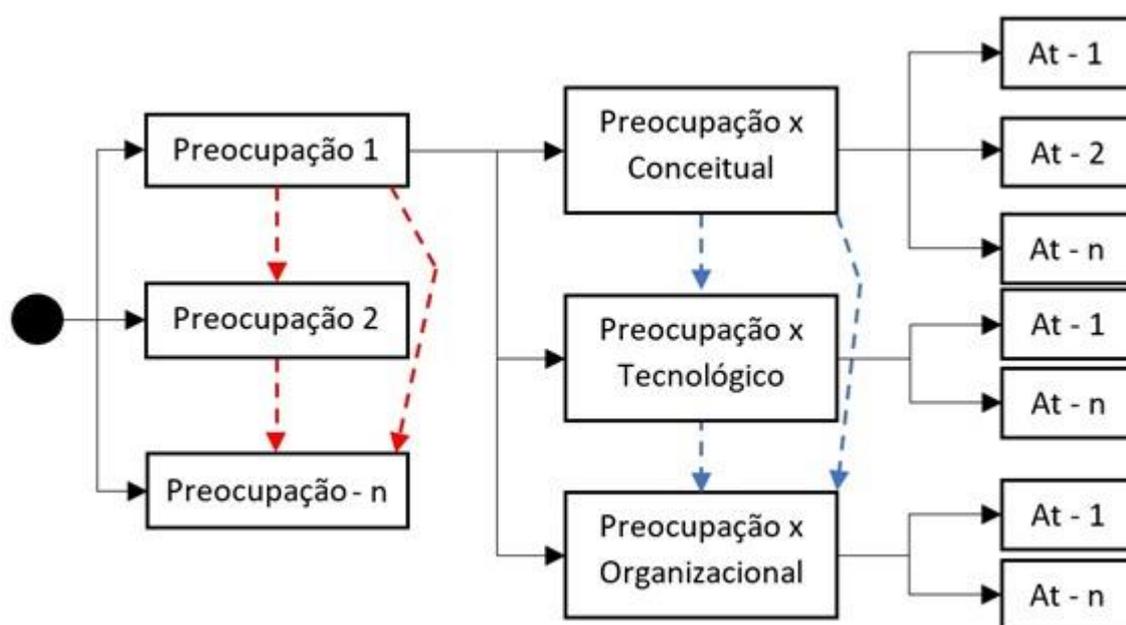


Figura 103 - Comparações entre as Preocupações e Comparações entre Preocupações x Barreiras
 Fonte: CESTARI (2015), adaptado pelo Autor (2018).

O Quadro 42 e o Quadro 43 exemplificam as comparações em pares, considerando as preocupações e as barreiras (dentro de cada preocupação). As comparações são feitas por meio de planilhas, que foram desenvolvidas para serem aplicadas na etapa de coleta de dados.

Quadro 42 - Comparação em Pares Relacionada à Avaliação das Preocupações.

| Preocupações | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| Negócios | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Negócios | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Serviços |
| Negócios | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Dados |
| Processos | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Serviços |
| Processos | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Dados |
| Serviços | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Dados |

Fonte: O Autor, 2018.

Quadro 43 - Comparação em Pares Relacionada às Preocupações x Barreiras

| BUSINESS (NEGÓCIOS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| BC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | BT |
| BC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | BO |
| BT | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | BO |

| PROCESS (PROCESSOS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| PC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | PT |
| PC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | PO |
| PT | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | PO |

| SERVICE (SERVIÇOS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| SC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ST |
| SC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | SO |
| ST | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | SO |

| DATA (DADOS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| DC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | DT |
| DC | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | DO |
| DT | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | DO |

Fonte: O Autor, 2018.

6.2.4.3.2 Comparações de atributos

Este nível de comparação avalia o grau de “atenção” e/ou “foco” dado pela entidade aos atributos no domínio da GE na IEI. Como exemplo, a Figura 104 ilustra (com setas tracejadas) as comparações entre três atributos dentro de uma perspectiva

da “preocupação x conceitual”. As setas representam comparações em relação a “At-1 vs. At-2”, “At-1 vs. At-n” e “At-2 vs. At-n”.

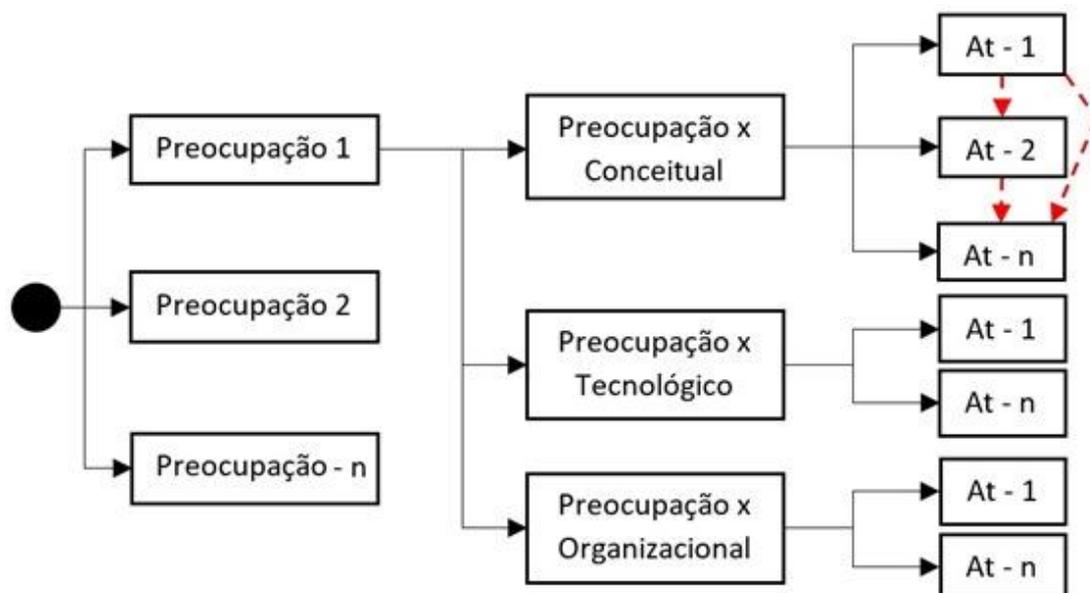


Figura 104 - Exemplo da Estrutura de Comparação em Pares dos Atributos.
Fonte: CESTARI (2015), adaptado pelo Autor (2018).

O Quadro 44 expõe as comparações considerando a perspectiva “*Business x Conceptual*”, por meio da planilha implementada para a etapa de coleta de dados.

Quadro 44 - Comparação dos Atributos sob a Perspectiva *Business x Conceptual* (BC)

| BUSINESS X CONCEPTUAL - (BC) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Competências |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |

Fonte: O autor, 2018.

6.2.4.4 Ferramenta de decisão multicritério *Super Decisions*

O *software Super Decisions* (CDF, 2013) é a ferramenta computacional adotada para implementar método de decisão multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*), já descrito anteriormente. Esta ferramenta permite realizar a modelagem gráfica do processo de decisão, organizando as ideias de acordo com as características do método AHP, de acordo com a estrutura básica que contém na primeira camada o “Objetivo”, seguido pela camada de “Critérios” e, na última camada, as “Alternativas”.

A estrutura de comparação baseada no método AHP foi modelada no *software Super Decisions*, considerando as necessidades e características do modelo MAIGEI. Para tanto, o *software* foi suprido com as informações extraídas na etapa de coleta de dados, seguida do preenchimento dos documentos de avaliação desenvolvidos.

O princípio de funcionamento do *software Super Decisions* é descrito resumidamente a seguir:

- i. O usuário cria e organiza grupos, designados *clusters*, que contém “Objetivo”, “Critérios”, “Subcritérios” e “Alternativas”, organizados em camadas de acordo com a estrutura do método AHP;
- ii. Dentro de cada *cluster* são criados os “nós” (*nodes*), que representam os elementos a serem comparados pelo método AHP. No *cluster* “Objetivo” há o nó “AIO” que representa a “Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da GE na IEI”. No *cluster* “Critérios”, os nós estão relacionados às preocupações da interoperabilidade (*Business, Process, Service e Data*), e no *cluster* “Subcritérios”, os nós dizem respeito às barreiras dentro de cada preocupação da interoperabilidade (*Conceptual, Technological e Organizational*). Por fim, no *cluster* “Alternativas”, os nós concernem aos atributos pertinentes à avaliação da interoperabilidade da GE na IEI;
- iii. O usuário deve realizar a conexão dos nós entre as camadas da estrutura do método AHP;
- iv. O usuário insere as informações (pesos) referentes às comparações entre pares, que são organizadas automaticamente pelo *software* em função das conexões estabelecidas entre os *clusters* e nós na etapa anterior (todos os nós dentro de determinado *cluster* serão comparados entre si, par a par).

- v. O *software* realiza os cálculos previstos no método AHP a fim de determinar qual a “melhor alternativa” para atingir o objetivo estabelecido, com base nos pesos atribuídos na comparação em pares realizada na etapa anterior.

No presente trabalho de pesquisa, como resultado da utilização do *Super Decisions* e aplicação do método de decisão multicritério AHP, são identificadas as alternativas (atributos) que recebem maior atenção em uma organização no contexto da interoperabilidade da GE na IEI.

A Figura 105 apresenta a estrutura principal do modelo representado no *Super Decisions*. O *cluster* “Objetivo” criado na primeira camada da estrutura AHP contém um nó referente ao objetivo principal do “problema de tomada de decisão”: AIO - Avaliação da Interoperabilidade Organizacional. O segundo *cluster* “Critérios”, contém quatro nós representando cada uma das preocupações de interoperabilidade: *Business* (negócios), *Process* (processos), *Service* (Serviço) e *Data* (dados). A envoltória destacada das caixas indica que há conexões estabelecidas entre o nó “AIO” e os nós “*Business*”, “*Process*”, “*Service*” e “*Data*” do *cluster* “Critérios”. Na Figura 105 pode-se observar também a interface principal do *software Super Decisions*.

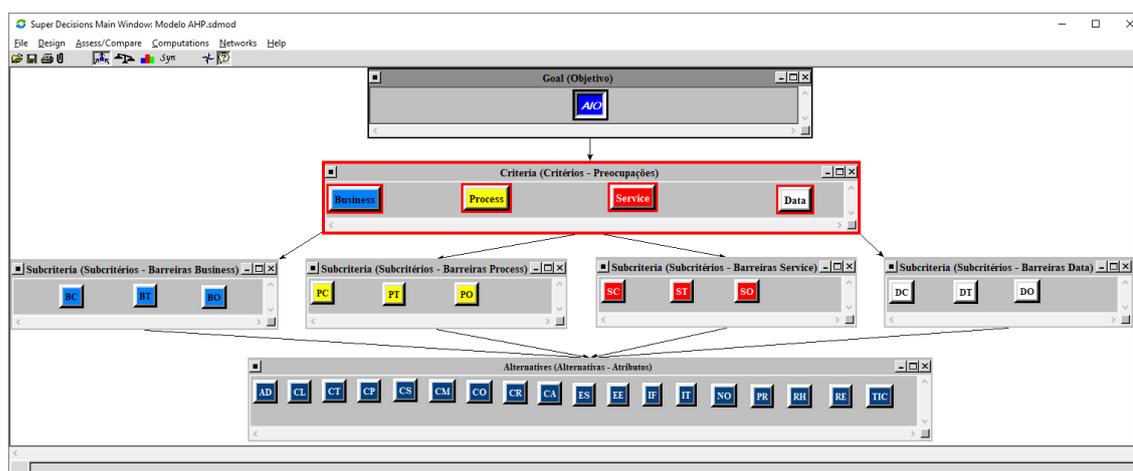


Figura 105 - Estrutura Principal do AHP no *Software Super Decisions*
Fonte: O Autor, 2018.

Na terceira camada da estrutura AHP estão os “clusters” dos subcritérios, contendo os nós que representam as barreiras relacionadas às preocupações da interoperabilidade. Na Figura 106 pode-se observar, pela envoltória destacada dos

nós, que a preocupação “*Business*” está conectada apenas aos nós “BC”, “BT” e “BO”, ou seja, apenas aos subcritérios dentro da preocupação “Negócios”, criando o mapeamento preocupações x barreiras (BC, BT e BO). O mesmo acontece para as demais preocupações da interoperabilidade, conforme mostrado nas Figura 107 a 109.

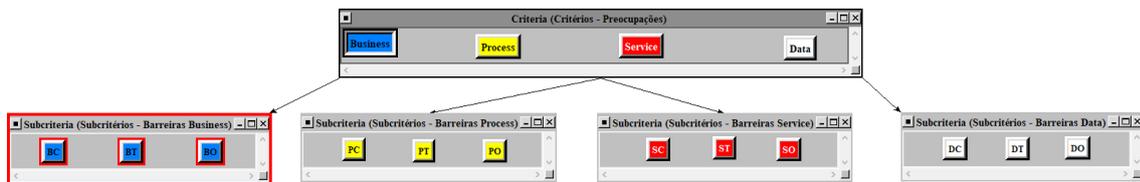


Figura 106 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação *Business*
Fonte: O Autor, 2018.

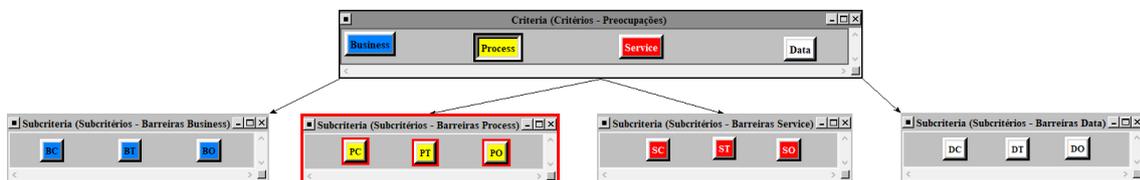


Figura 107 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação *Process*
Fonte: O Autor, 2018.

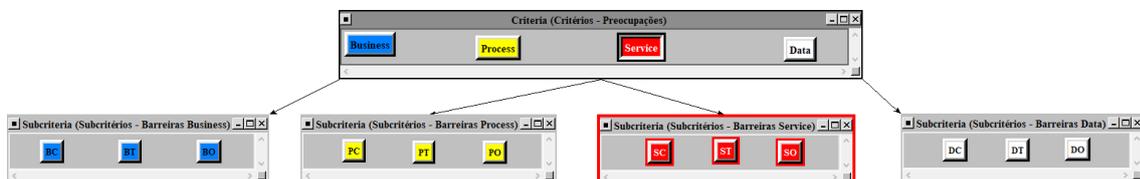


Figura 108 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação *Service*
Fonte: O Autor, 2018.

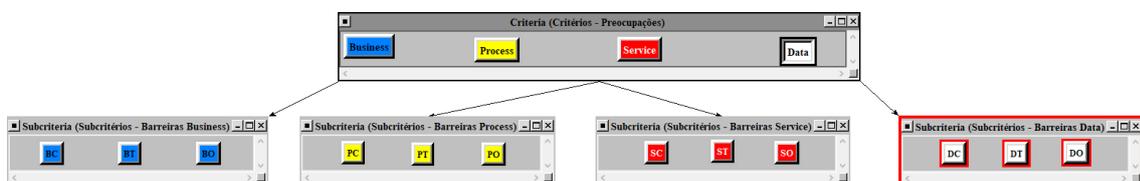


Figura 109 - Mapeamento Preocupações x Barreiras - Preocupação *Data*
Fonte: O Autor, 2018.

Na quarta e última camada da estrutura AHP desenvolvida neste trabalho, encontra-se o *cluster* “Alternativas”, que contém os atributos (representados pelos acrônimos definidos no item 6.2.4), pertinentes à avaliação da interoperabilidade no contexto da GE na IEI. Vale ressaltar que apesar de todos os atributos estarem contidos em um mesmo *cluster*, serão comparados apenas os atributos relacionados

(conectados) ao aspecto “preocupação x barreira” pertinente na etapa de comparação em pares, conforme o enquadramento dos atributos nos aspectos da interoperabilidade, apresentado no item 6.2.6.

Na Figura 110 pode-se observar que apenas os nós que representam os atributos pertinentes à “preocupação x barreira” BC possuem envoltórias destacadas (Competências - CP, Cooperação - CR, Cultura - CA, Estratégia - ES, Estrutura Empresarial - EE e Informação - IF), o que significa que na fase de comparação em pares a ser realizada para este quadrante, apenas os atributos com contorno em vermelho foram comparados entre si.

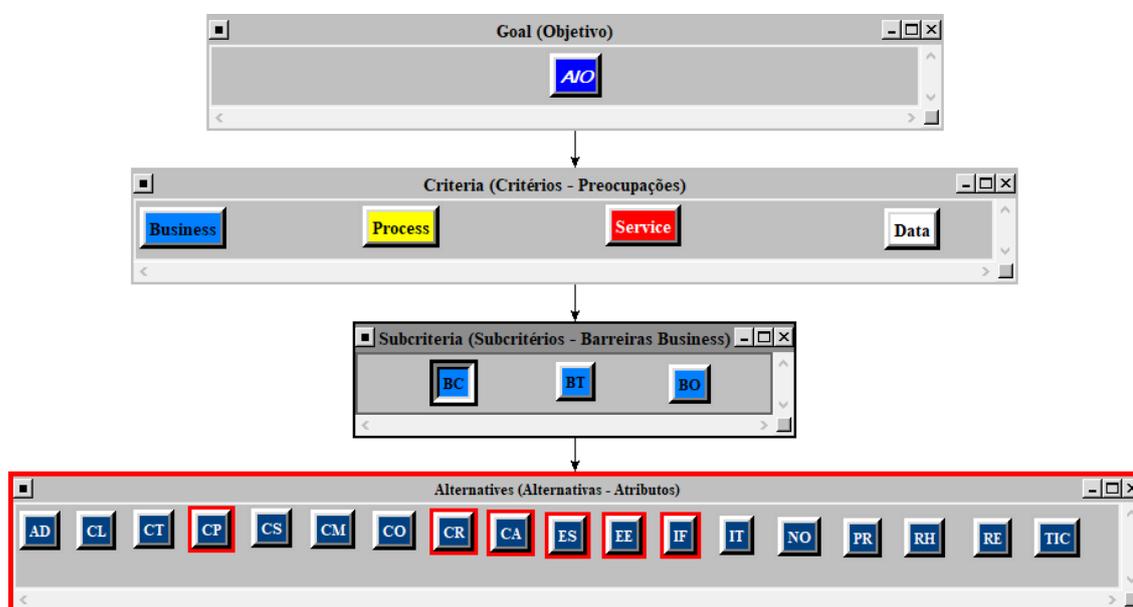


Figura 110 - Alternativas (Atributos) relacionados à Preocupação x Barreira BC
Fonte: O Autor, 2018.

As comparações em pares dos atributos relacionados à “preocupação x barreira” BC estão dispostas na Figura 111.

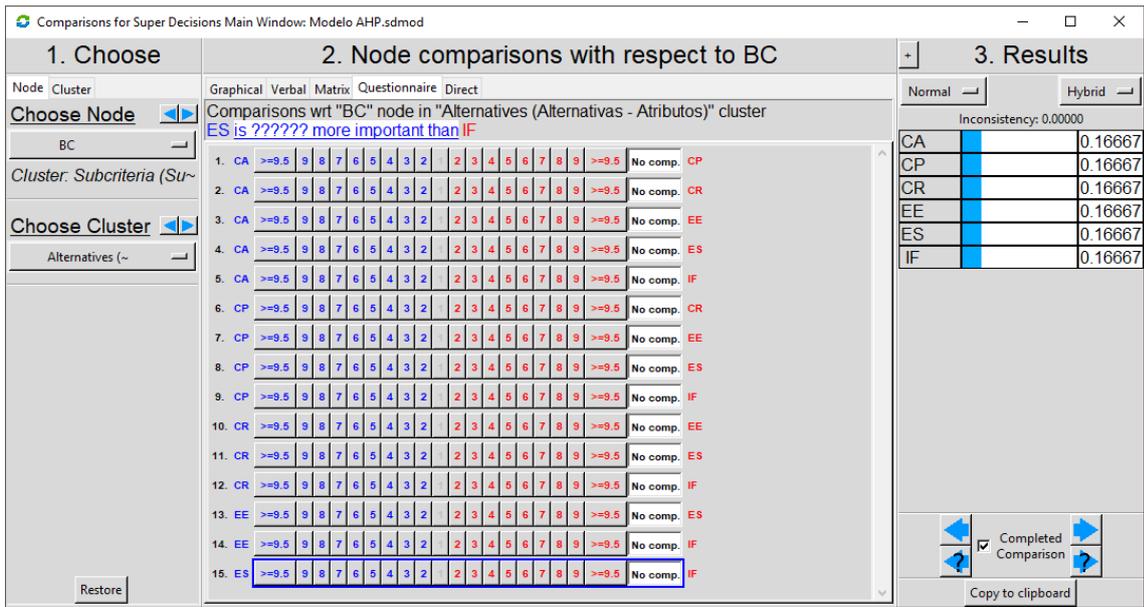


Figura 111 - Comparações em Pares entre os Atributos Relacionados ao Quadrante BC
 Fonte: O Autor, 2018.

A comparação em pares (par a par) é realizada da seguinte forma: Com relação a um nó existente na camada “n” da estrutura AHP, serão comparados aos pares os nós da camada “n+1” diretamente conectados a ele, ou seja, para um nó existente na primeira camada (camada 1 - nó “AIO”), foram comparados em pares os nós da segunda camada diretamente conectados a ele (camada 2 - nós “Business”, “Process”, “Service” e “Data”), conforme mostrado na Figura 112.

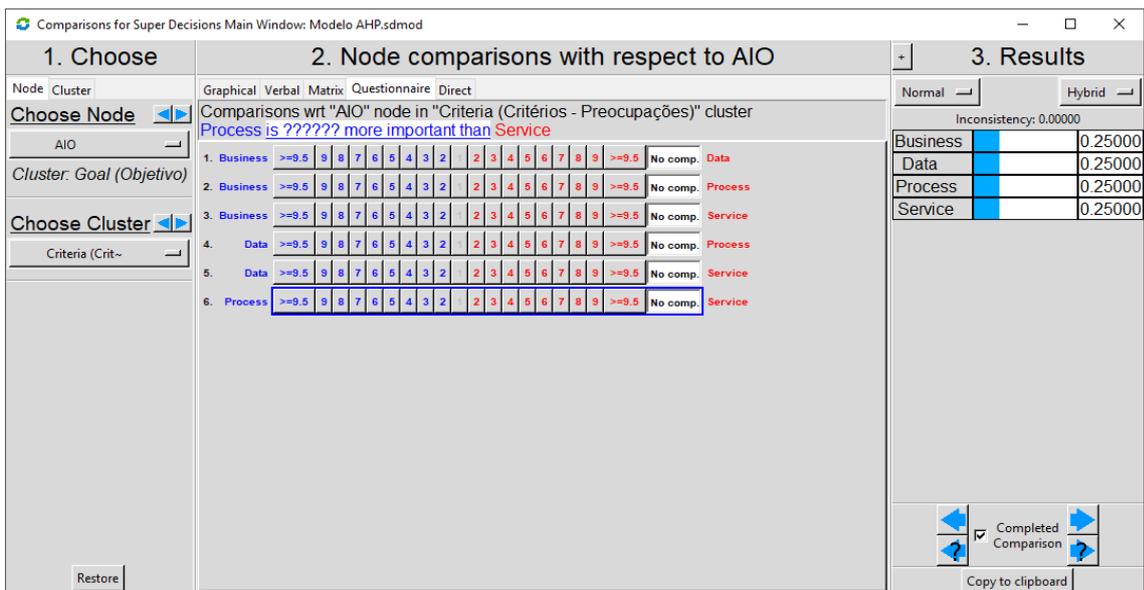


Figura 112 - Comparações em Pares entre as Preocupações da Interoperabilidade Relacionadas à AIO para a GE na IEI
 Fonte: O Autor, 2018.

O raciocínio descrito para as comparações em pares relacionadas ao objetivo (AIO) e à “preocupação x barreira” BC se repetem para todas as camadas da estrutura do AHP.

6.3 APLICAÇÕES PARA O MODELO MAIGEI

A proposição do modelo MAIGEI possui várias possibilidades de utilização, sendo previsto nesse trabalho de pesquisa sua utilização como um diagnóstico de interoperabilidade organizacional. Um possível encaminhamento para a realização do diagnóstico da interoperabilidade organizacional está descrito na Figura 113.

A aplicação do modelo MAIGEI, com base em sua característica estrutural de avaliação fundamentada no método AHP, não objetiva escolher uma “melhor alternativa” entre os atributos existentes no nível inferior da estrutura hierárquica, mas sim obter uma medida da compatibilidade organizacional entre duas áreas internas à organização para a interoperabilidade de um SGE. Assim, não se trata de uma questão de “pura escolha”, mas sim de verificar os posicionamentos de critérios específicos para determinar o nível de compatibilidade existente entre duas áreas intra-organizacionais distintas e diretamente envolvidas com o SGE.

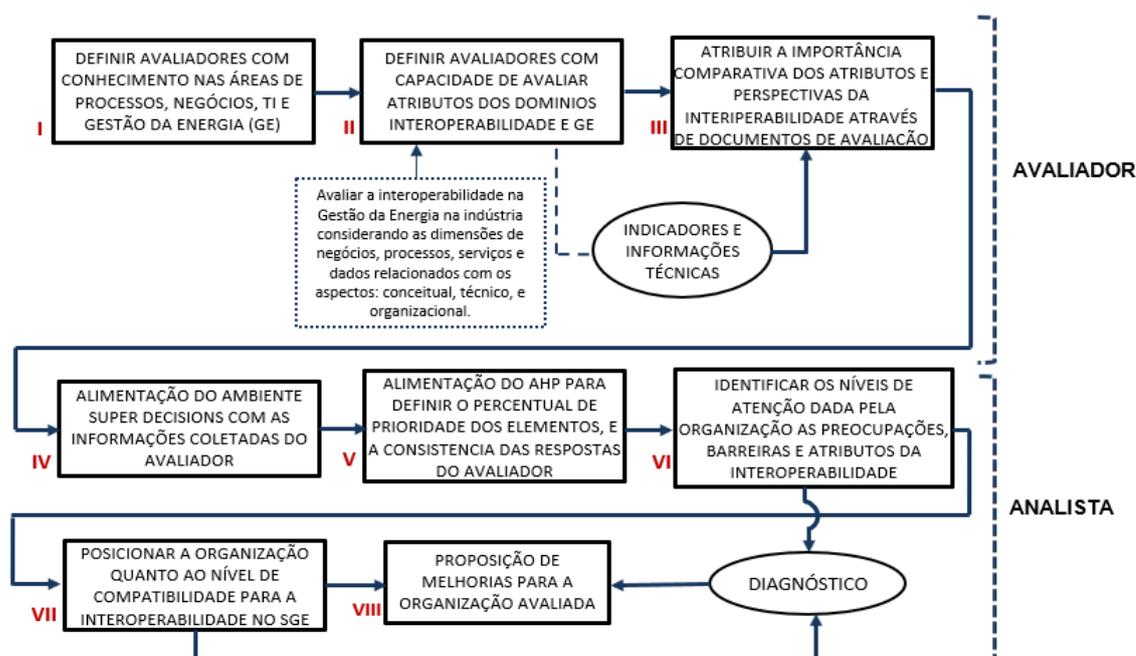


Figura 113 - Etapas de Aplicação do Modelo de Avaliação da Interoperabilidade da Gestão da Energia na Indústria - MAIGEI.

Fonte: O autor, 2018.

As etapas de aplicação do modelo MAIGEI, mostradas na Figura 113 são detalhadas a seguir:

I - Nesta etapa são definidos os avaliadores, com conhecimento na área de processos, negócios, tecnologia da informação e gestão da energia. Eles representarão as áreas funcionais avaliadas e serão responsáveis por fornecer as informações necessárias à aplicação do modelo. As áreas funcionais podem destinar mais de um avaliador, sendo um especialista para cada área do conhecimento necessária nesta aplicação, como: engenharia, manutenção, processos, negócios, e tecnologia da informação, dependendo da organização sob análise. Necessitam possuir conhecimento aprofundado do processo de forma a contextualizar o EP e relacioná-lo à sua área funcional, referente à existência da interoperabilidade para a GE.

II - Os especialistas (avaliador(es)) precisa(m) possuir capacidade técnica para avaliar os atributos que caracterizam e estruturam os domínios da AIO e da GE na indústria.

III - Através dos documentos de avaliação o(s) avaliador(es) atribuirá(ão) pesos relativos de 1 a 9 aos elementos da matriz de comparações, visando definir as importâncias relativas entre os critérios avaliados em cada um dos níveis hierárquicos.

IV - Com as informações geradas na etapa III, o analista alimentará o *software Super Decisions* para efetuar a análise hierárquica do processo. O *Super Decisions* é um ambiente desenvolvido para produzir as análises AHP e ANP.

V - Na aplicação do AHP, após lançar as informações dos avaliadores no *software*, o analista obterá os vetores de prioridades dos elementos avaliados (*clusters*) e a inconsistência das escolhas realizadas pelos avaliadores. Em caso de inconsistência elevada (maior que 10%), o analista recorrerá novamente aos avaliadores para revisão de seus posicionamentos.

VI - O analista, nesta fase, identifica os níveis de atenção/foco dados pela organização (na visão dos respondentes) às preocupações, barreiras e atributos da interoperabilidade no domínio da GE na IEI.

VII - Nesta fase do modelo o analista, de posse dos níveis de atenção/foco dados pela organização (na visão dos respondentes) às preocupações, barreiras e atributos da interoperabilidade no domínio da GE na IEI proporcionados pela estrutura AHP, posiciona a área funcional avaliada quanto ao nível de compatibilidade das áreas intra-organizacionais avaliadas para a interoperação no SGE.

VIII - Esta é a fase de proposição de melhorias às áreas intra-organizacionais avaliadas. É possível demonstrar pontos fortes e fracos e itens que necessitam de melhorias para que as áreas intra-organizacionais alcancem melhor capacidade de interoperabilidade no SGE. Este recurso será explorado no capítulo seguinte.

7 PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo corresponde à verificação da aplicabilidade e validade científica dos modelos e procedimentos desenvolvidos nos capítulos 5 e 6, na parte designada projeto da pesquisa. As atividades de pesquisa de campo estão configuradas nos objetivos específicos 7 e 8 e estabelecidos na atividade A7 – Estratégia da pesquisa na representação IDEF0, mostrada no capítulo 3. A pesquisa de campo está estruturada em dois encaminhamentos:

(i) Abordagem da engenharia organizacional formatada em um estudo de caso, utilizando folhas tarefas “*Cambridge Process Approach*”, auditoria da manufatura, pesquisa-ação e protocolo de pesquisa. A aplicação da concepção de processo para o SGE, conjuntamente com as ações técnicas e gerenciais recomendadas e das diretrizes da engenharia organizacional constitui-se em um procedimento metodológico de avaliação do potencial organizacional de uma indústria para o SGE. O estudo de caso é realizado em uma empresa não certificada ISO 50001 e sem disponibilidade de um SGE implantado (gestor energético, EGE, etc.).

(ii) Abordagem da interoperabilidade, formatada na aplicação do modelo MAIGEI - Modelo de Avaliação da Interoperabilidade na GE na Indústria, que se realiza atendendo ao protocolo de pesquisa e com a utilização dos *software Superdecision*, Excel e recursos disponibilizados pela indústria submetida ao trabalho de pesquisa de campo. A aplicação do modelo MAIGEI na forma de diagnóstico em uma empresa permite a avaliação da interoperabilidade em áreas intra-organizacionais. O estudo de campo é realizado em uma empresa com certificação ISO 50001 e com um SGE em funcionamento.

7.1 APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO ORGANIZACIONAL PARA UM SGE – DIAGNÓSTICO

O procedimento de avaliação organizacional para um SGE estabelecido no capítulo 5, seção 5.2.7.3, será operacionalizado na pesquisa de campo na forma de diagnóstico para verificação da aplicabilidade de uma concepção de processo e das ações técnicas e gerenciais recomendadas em uma estrutura organizacional, utilizando como guia as diretrizes da engenharia organizacional. Nesta seção, será avaliado o potencial organizacional para implantação de um SGE na IEI.

Primeiramente, a concepção de processo desenvolvida para o SGE com seus requisitos de informação (folhas tarefas) serão preparados e submetidos a um teste piloto. O teste piloto será descrito a seguir.

7.1.1 Teste Piloto

Documentos de avaliação desenvolvidos no capítulo 5 (desenvolvimento do procedimento de avaliação) necessitavam de uma verificação de sua aplicabilidade. Portanto, em uma primeira fase, as folhas tarefas (questionário) foram submetidas a um teste piloto com relação aos aspectos de entendimento, clareza das questões, abrangência do assunto, consistência técnica e outros requisitos. Assim sendo, foi procurado reproduzir as mesmas situações previstas no protocolo de pesquisa e que seriam encontradas e aplicadas no caso real. Foram selecionados quatro alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da UFPR, com experiência na indústria e conhecedores da(s): (i) norma ISO 50001; (ii) concepção de processo para o SGE proposto no trabalho de pesquisa; (iii) ações técnicas e gerencias recomendadas para o SGE.

Os alunos selecionados para a avaliação inicialmente participaram em um seminário para uma apresentação sobre os objetivos do trabalho de pesquisa. Conforme a proposição de uma concepção de processo para um SGE apresentada, os participantes foram designados para assumir, na função de atores, o papel de Diretor - representando a Alta Direção, gestor energético representando a equipe de gestão da energia, um membro representante da engenharia e um membro representante da manutenção. Todos os participantes atuaram na condição de membros de uma indústria IEI (papel e celulose).

Os participantes investidos na posição definida no parágrafo anterior foram convocados para o preenchimento de dois questionários, sendo: (i) Questionário FT3 - *Survey* - concepção de processo para o SGE; (II) Questionário FT5 - ações técnicas e gerenciais recomendadas.

Os resultados mostraram que a Folha Tarefa 5 foi respondida sem dificuldade, mostrando sua aplicabilidade sem quaisquer modificações.

Entretanto, quanto à FT3, houve várias dúvidas que conduziram à necessidade de reformular perguntas e inserir um glossário mais completo, abrangendo aspectos

da disciplina gerencial BPM e termos referentes ao ambiente organizacional, tais como objetivos organizacionais, valores organizacionais, cultura, cadeia de valor, etc.

Em uma segunda etapa, realizada com os mesmos participantes anteriores, somente sobre a FT3, obteve-se resultado satisfatório, todavia ainda persistiram dúvidas, principalmente relacionadas aos requisitos de informações para as diretrizes da EO. Assim sendo, novas reestruturações das questões foram necessárias. As dúvidas estavam relacionadas com definição de interfaces do processo, gestão de mudanças, exceções, mecanismos de delegação, coordenação, tomada de decisão, sincronização, etc.

7.1.2 Descrição do Estudo de Caso

7.1.2.1 Seleção e Caracterização da Indústria

A necessidade de encontrar uma empresa de uso intensivo de energia, atendendo ao propósito definido pela pesquisa, sem um sistema de gestão da energia em operação e não certificada ISO 50001, conduziu para uma empresa nacional a qual se disponibilizou a participar do estudo, desde que o nome da empresa (razão social) não fosse divulgado e os resultados obtidos não fossem associados à mesma.

A empresa avaliada possui fábricas no sul do Brasil, atuando na área de celulose e papel, produtora de sacos de papel multifoliados e de papelão ondulado. A empresa conta com aproximadamente 2000 empregados. A pesquisa realizou-se na fábrica sediada no Paraná.

Conforme o *Cambridge process approach*, a definição do ponto de entrada com as expectativas da intervenção devem ser claramente definidos e deve haver comprometimento dos gestores para que a intervenção seja bem-sucedida. O ponto de entrada na empresa para a apresentação do projeto foi o gerente da fábrica, com quem em uma reunião inicial, foi apresentado o projeto de pesquisa e a concepção de processo para o SGE a ser pesquisada. Posteriormente, uma segunda reunião foi agendada com o gerente da fábrica e com os representantes das áreas funcionais participantes para a apresentação da proposta de trabalho, realização das entrevistas, preenchimento dos questionários e demais observações relevantes para a pesquisa.

7.1.2.2 Definição de participantes e área representadas

O diagnóstico de um sistema organizacional com o objetivo de avaliar sua pré-disposição para realizar uma proposição de processo para um sistema de GE, requer a definição dos entrevistados, de quais áreas da empresa procedem, sua função, etc. Assim sendo no atendimento a concepção de processo do SGE proposto no trabalho de pesquisa, foi estabelecido a participação do: (i) gerente geral da fábrica representando a alta direção (A1). (ii) Um representante com formação em engenharia elétrica indicado pela alta direção para representar o papel de gestor energético (A2). (iii) Um engenheiro químico representando a área de engenharia (A3) e (iv) um engenheiro eletricitista representando a área funcional de manutenção (A4). Os quatro funcionários da empresa designados avaliadores A1, A2, A3 e A4 participarão do processo de avaliação.

7.1.2.3 Verificação da FT1 - Análise de documento

Os principais documentos analisados foram: (i) relatório da administração; (ii) contrato de desempenho no programa do governo entre a organização e a concessionária de energia visando a melhoria da eficiência energética das instalações da indústria; (iii) informações disponíveis no site da organização; (iv) documentos disponíveis na literatura acadêmica (artigos, dissertações e teses).

Um quadro analisando as fontes de documentos está mostrado no Apêndice F. Neste quadro detalha-se a classificação das fontes de evidência em primária ou secundária, que são aplicadas para cada um dos requisitos de informação.

7.1.2.1 Verificação da FT2 - Entrevista

A entrevista foi realizada com quatro membros da organização analisada, sendo um membro da direção da empresa, um membro escolhido como gestor energético, um membro da área funcional da engenharia e um membro da área funcional da manutenção.

7.1.2.2 Verificação da FT3 - *Survey*

O questionário de pesquisa sobre a concepção de processo de um SGE (*Survey*) foi conduzido pelo entrevistador, visando obter informações importantes sobre a concepção do processo do SGE em proposição. Participaram desta etapa os mesmos membros da organização que foram entrevistados na seção anterior.

7.1.2.1 Verificação da FT4 - Observações

As observações sobre um processo de um SGE em execução não puderam ser verificadas, já que a empresa não dispõe de um SGE em operação (condição exigida para o trabalho de pesquisa). Entretanto, para os propósitos desta pesquisa, observou-se a estrutura disponível da empresa, com outros processos correlatos em funcionamento (quando possível).

7.1.2.1 Verificação da FT5 - Ações técnicas e gerenciais recomendadas

O questionário sobre as ações técnicas e gerenciais recomendadas foi conduzido pelo entrevistador com os membros da organização participantes dos questionários já citados anteriormente. Neste questionário, avaliou-se a pré-disposição da empresa em sua estrutura organizacional para aplicar das ações técnicas e gerenciais recomendadas.

7.1.3 Resultado do estudo de caso

Os resultados do estudo de caso da avaliação das diretrizes e das ações técnicas e gerenciais recomendadas serão apresentadas nas seções seguintes. As folhas tarefa utilizadas no estudo de caso para avaliação estão dispostas no Apêndice F. Tal apêndice apresenta um modelo geral para as FT#1, FT#2 e FT4, que apresentam estruturas semelhantes (mesmos requisitos de informação e mesmas perguntas do que procurar), além dos questionários para a concepção do processo FT#3 e ações técnicas e gerenciais recomendadas FT#5.

7.1.3.1 Diagnóstico de avaliação da existência e consistência

A avaliação da existência e consistência verifica a qualidade da evidência dos requisitos de informação descritos no dos requisitos de informação apresentado no Apêndice F.

Conforme a análise do questionário FT3 *Survey* foi possível obter os resultados apresentados no Quadro 45. Nesta análise, pode-se observar a nota obtida com variação de (1 a 4), médias das notas dos entrevistados e o índice IRR.

Quadro 45 - Avaliação dos Requisitos de Informação através da FT3 - Survey

| # | Questões | Avaliador | | | | Média | IRR |
|----------|--|-----------|----|----|----|-------|------|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | | |
| 1 | Criação, evolução e compartilhamento do processo | - | - | - | - | - | - |
| 1.1 | As pessoas envolvidas diretamente nas atividades do processo do SGE devem participar da concepção inicial do processo. | 4 | 4 | 3 | 4 | 3,75 | 0,85 |
| 1.2 | As pessoas/empresas externas poderiam participar da concepção inicial do processo. | 3 | 2 | 2 | 3 | 2,5 | 0,8 |
| 1.3 | O processo do SGE “em proposição” poderia ter uma fase inicial (autodeclaração) com possibilidade de evolução para uma possível certificação ISO 50001. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 1.4 | O processo do SGE “em proposição” traz impactos/reflexos na cadeia de valor existente na empresa. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 1.5 | O processo do SGE “em proposição” está apropriado com a cultura organizacional existente na empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 1.6 | O processo do SGE “em proposição” está alinhado com os valores organizacionais existente na empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 1.7 | O processo deveria prever a existência de mecanismos de detecção de mudanças / melhorias. Esses mecanismos poderiam ser incorporados na concepção do processo do SGE. | 3 | 2 | 3 | 3 | 2,75 | 0,85 |
| 1.8 | O processo deveria prever a existência de mecanismos de gestão de mudanças / melhorias. Esses mecanismos poderiam ser incorporados na concepção do processo do SGE. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 2 | Estrutura, recursos e papéis do processo | - | - | - | - | - | - |
| 2.1 | Executivos ou diretores executivos devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 0,6 |
| 2.2 | Os gestores de área ou de departamento devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | 3 | 4 | 3 | 3 | 3,25 | 0,85 |
| 2.3 | Os supervisores ou oficiais de secção devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | 3 | 3 | 2 | 3 | 2,75 | 0,85 |
| 2.4 | Uma diretoria específica deve ser selecionada e ter responsabilidade perante a organização pela criação, organização e condução do processo do SGE. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 2.5 | Um gestor energético indicado pela alta direção deve ter a responsabilidade de selecionar uma equipe de gestão da energia (EGE) e conduzir a parte operacional do processo do SGE. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,85 |
| 2.6 | Uma EGE composta por representantes de várias áreas da empresa deve ter responsabilidade de atuar no processo do SGE e participar das melhorias do desempenho energético. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 2.7 | No processo do SGE “em proposição” são necessárias competências técnicas / tecnológicas para as pessoas participantes. | 3 | 4 | 3 | 3 | 3,25 | 0,85 |
| 2.8 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos organizacionais para as pessoas participantes. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 2.9 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos de coordenação para as pessoas participantes. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 2.10 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos de comunicação para as pessoas participantes. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 3 | Mecanismos de gestão e controle do processo | - | - | - | - | - | - |
| 3.1 | O nível de compatibilidade do mecanismo de coordenação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |

| | | | | | | | |
|----------|--|---|---|---|---|------|------|
| 3.2 | O nível de compatibilidade do mecanismo de coordenação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processos da sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 3.3 | O nível de compatibilidade do mecanismo de sincronismo previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 3.4 | O nível de compatibilidade do mecanismo de sincronismo previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processos da sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 3.5 | O nível de compatibilidade do mecanismo de tomada de decisão previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | 2 | 3 | 3 | 3 | 2,75 | 0,85 |
| 3.6 | O nível de compatibilidade do mecanismo de tomada de decisão previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processo da sua empresa. | 2 | 3 | 2 | 3 | 2,5 | 0,8 |
| 3.7 | O nível de compatibilidade do mecanismo de delegação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 3.8 | O nível de compatibilidade do mecanismo de delegação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processos da sua empresa. | 3 | 3 | 3 | 4 | 3,25 | 0,85 |
| 3.9 | O processo deveria prever a existência de exceções. Essas exceções poderiam ser tratadas na concepção do processo do SGE. | 2 | 2 | 3 | 3 | 2,5 | 0,8 |
| 4 | Desempenho do processo | - | - | - | - | - | - |
| 4.1 | Os objetivos organizacionais estabelecidos na empresa estão claramente definidos. | 4 | 4 | 3 | 4 | 3,75 | 0,85 |
| 4.2 | Os objetivos do processo do SGE “em proposição” estão claramente definidos. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.3 | Os objetivos organizacionais que estão relacionados ao processo do SGE “em proposição” estão claramente definidos e deveriam ser divulgados. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.4 | As medidas de desempenho organizacional estão claramente definidas e são divulgadas. | 3 | 4 | 3 | 3 | 3,25 | 0,85 |
| 4.5 | As medidas de desempenho do processo do SGE “em proposição” estão claramente definidas. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.6 | As medidas de desempenho organizacional que estão relacionadas ao processo do SGE “em proposição” estão claramente definidas e deveriam ser divulgadas. | 3 | 4 | 3 | 3 | 3,25 | 0,85 |
| 4.7 | Os objetivos de desempenho organizacional estão claramente definidos e são divulgados. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.8 | Os objetivos de desempenho do processo do SGE “em proposição” precisam estar claramente definidos. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.9 | Os objetivos de desempenho organizacional que estão relacionados ao processo do SGE “em proposição” estão claramente definidos e deveriam ser divulgados. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.10 | Para a avaliação do desempenho organizacional deve haver procedimento de coleta de informações adequado. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.11 | Para a avaliação do desempenho do processo do SGE “em proposição” deve haver procedimento de coleta de informações adequado. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 4.12 | O desempenho do processo do SGE “em proposição” deveria ser muito influenciado pelas experiências das pessoas envolvidas no processo | 3 | 4 | 3 | 3 | 3,25 | 0,85 |
| 5 | Sistemas, informações e tecnologia do processo | - | - | - | - | - | - |
| 5.1 | No processo do SGE “em proposição” as informações necessárias são claras e estão fundamentadas em padrões abertos. | 4 | 4 | 3 | 4 | 3,75 | 0,85 |
| 5.2 | No processo do SGE “em proposição” as interfaces devem ser padronizadas. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 5.3 | Na concepção do processo do SGE a semântica utilizada é expressa de forma coerente e consistente. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,8 |
| 5.4 | No processo do SGE “em proposição” as tecnologias e sistemas que devem estar de acordo com as políticas organizacionais da empresa. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,85 |
| 5.5 | No processo do SGE “em proposição” as tecnologias e sistemas requeridos deveriam ser as melhores tecnologias e sistemas disponíveis. | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 |

Nota: A1, A2, A3 e A4 indicam os diferentes avaliadores envolvidos no diagnóstico. A classificação se dá como: 1 – não concordo, 2 – concordo parcialmente, 3 – concordo e 4 – concordo totalmente.

Legenda: A1 – Avaliador 1 (Representante Alta Direção)

A3 – Avaliador 3 (Representante Engenharia)

A2 – Avaliador 2 (Gestor Energético - Representante EGE)

A4 – Avaliador 4 (Representante Manutenção)

Fonte: O autor, 2018.

Após a avaliação das questões do Survey, verifica-se um alto nível de concordância entre os avaliadores, pois a maioria das questões apresentou IRR acima

de 0,8, o qual é considerado um valor de referência, com exceção de uma questão que obteve IRR 0,6 e apenas seis questões apresentam média abaixo de 3 (1.2, 1.7, 2.3, 3.5, 3.6 e 3.9). Isso indica que os avaliadores acreditam que existe um grande potencial pra empresa realizar a implantação do processo do SGE.

As questões com IRR maior ou igual a 0,8 demonstram alto grau de aplicabilidade da questão proposta para uso na empresa, pois apresentam uma forte tendência para concordância do conteúdo das mesmas. Nas questões com IRR entre 0,7 e 0,8 há um grau moderado de aplicabilidade da questão na empresa. Já as questões com valores do IRR inferiores a 0,7 demonstram pouca aceitabilidade da empresa para a aplicação da questão na mesma.

A existência verificada foi obtida através das respostas obtidas do questionário do *survey* dos entrevistados da alta direção, gestor energético, engenharia e manutenção. A consistência foi obtida através da avaliação dos requisitos de informações das folhas tarefas de análise dos documentos apresentados pela empresa, de entrevista aos participantes e das observações realizadas pelo avaliador.

A partir dos dados fornecidos obteve-se a possibilidade de transpor os valores verificados. O Quadro 46 apresenta as médias dos valores obtidos para cada categoria das respostas de cada um dos participantes do *survey*, a média por categoria e o IRR para cada categoria.

Quadro 46 - Avaliação da Existência de Requisitos de Informação por Categoria

| Categoria | A1 | A2 | A3 | A4 | Média | IRR |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|
| Criação, evolução e compartilhamento do processo; | 3,1 | 3 | 2,9 | 3,8 | 3,2 | 0,9 |
| Estrutura, capacidades e funções do processo; | 2,9 | 3,9 | 3 | 3,6 | 3,35 | 0,86 |
| Mecanismos de gerenciamento e controle do processo; | 2,7 | 2,9 | 2,9 | 3,7 | 3,05 | 0,88 |
| Desempenho do processo; padrões, | 3,1 | 4 | 3 | 3,75 | 3,46 | 0,86 |
| Informações e tecnologia do processo | 3,2 | 3,8 | 3,2 | 3,8 | 3,5 | 0,92 |

Nota: A1, A2, A3 e A4 indicam os diferentes avaliadores envolvidos no diagnóstico. A existência é classificada em: 1 – não evidente, 2 – alguma evidência, 3 – moderadamente evidente e 4 – evidência forte.

Legenda: A1 – Avaliador 1 (Representante Alta Direção)

A3 – Avaliador 3 (Representante Engenharia)

A2 – Avaliador 2 (Gestor Energético - Representante EGE)

A4 – Avaliador 4 (Representante Manutenção)

Fonte: O autor, 2018.

O Quadro 47 apresenta as médias dos valores obtidos para cada categoria através da triangulação, proposta por LEWIS (1998), dos resultados obtidos da análise dos documentos, da entrevista com os participantes e das observações, a média por categoria e o IRR para cada categoria.

Quadro 47 - Avaliação da Consistência dos Requisitos de Informação por Categoria.

| Categoria | A1 | A2 | A3 | A4 | Média | IRR |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|
| Criação, evolução e compartilhamento do processo; | 3,42 | 3,42 | 3,13 | 3,75 | 3,43 | 0,96 |
| Estrutura, capacidades e funções do processo; | 3,60 | 3,60 | 3,10 | 3,60 | 3,47 | 0,96 |
| Mecanismos de gerenciamento e controle do processo; | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,67 | 3,17 | 0,93 |
| Desempenho do processo; padrões, | 3,08 | 3,92 | 3,04 | 3,67 | 3,43 | 0,89 |
| Informações e tecnologia do processo | 3,30 | 3,80 | 3,30 | 3,80 | 3,55 | 0,95 |

Nota: A1, A2, A3 e A4 indicam os diferentes avaliadores envolvidos no diagnóstico. A existência é classificada em: 1 – não consistente, 2 – alguma consistência, 3 – moderadamente consistente e 4 – fortemente consistente.

Legenda: A1 – Avaliador 1 (Representante Alta Direção)

A3 – Avaliador 3 (Representante Engenharia)

A2 – Avaliador 2 (Gestor Energético - Representante EGE)

A4 – Avaliador 4 (Representante Manutenção)

Fonte: O autor, 2018.

A avaliação por categoria da existência e consistência dos requisitos de informação apresentou valores com IRR e média com altos índices, indicando assim que a empresa apresenta grande potencial pra implantação de um SGE.

7.1.3.2 Diagnóstico de avaliação do alinhamento das diretrizes da EO

A avaliação das diretrizes da EO verificada pelos requisitos de informação que são compatíveis com as diretrizes e com as questões do *Survey*, é apresentada no Quadro 48 abaixo. Essa verificação é realizada utilizando a triangulação de LEWIS (1998).

Quadro 48 – Triangulação dos Requisitos de Informação com as Diretrizes da EO e com as Questões do Survey.

| ID | Requisitos de Informação | Diretriz Relacionada | Questão Survey |
|-----|---|----------------------|----------------|
| 1 | Criação, evolução e compartilhamento | - | |
| 1.1 | Como os processos foram criados | 2 | 1.1 1.2 |
| 1.2 | Como os processos foram criados na cadeia de valor da organização | 1 | 1.4 |
| 1.3 | Como os processos evoluíram | 2 | 1.3 |

| | | | |
|------|--|-----|--|
| 1.4 | Como os processos evoluíram na cadeia de valor da organização | 2 | - |
| 1.5 | Como as pessoas estão envolvidas na concepção do processo | 2 | - |
| 1.6 | Mecanismos de detecção de alterações/melhorias que devem ser incorporados na concepção do processo | - | 1.7 |
| 1.7 | Mecanismos de detecção de mudança / melhoria utilizados no processo | - | - |
| 1.8 | Mecanismos de gestão de mudanças/melhorias que devem ser incorporados na concepção do processo | - | 1.8 |
| 1.9 | Mecanismos de gerenciamento de mudança/melhoria usados no processo | - | - |
| 1.10 | O processo do SGE "em proposição" está apropriado com a cultura organizacional existente na empresa. | 1 | 1.5 |
| 1.11 | O processo do SGE "em proposição" está alinhado com os valores organizacionais existente na empresa. | 1 | 1.6 |
| 2 | Estrutura, recursos e papéis | - | - |
| 2.1 | Tarefas/atividades no processo | 3 | - |
| 2.2 | Funções no processo | 3 | - |
| 2.3 | Responsabilidades de cada função | 3 | - |
| 2.4 | Estrutura organizacional | 3 | - |
| 2.5 | Posições na estrutura organizacional envolvidas no processo | 2 | 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 |
| 2.6 | Posições na estrutura organizacional envolvida em cada função | 2 | - |
| 2.7 | Posições na estrutura organizacional envolvidas na concepção do processo | 2 | - |
| 2.8 | Capabilidades necessárias para cada tarefa/atividade | 4 | 2.7 2.8 2.9 2.10 |
| 2.9 | Capabilidades necessárias para cada posição | 4 | - |
| 2.10 | Capabilidades necessárias para cada função | 4 | - |
| 3 | Mecanismos de gestão e controle | - | - |
| 3.1 | Mecanismos de coordenação utilizados com outros processos | 8 | 3.2 |
| 3.2 | Mecanismos de coordenação utilizados no processo | 8 | 3.1 |
| 3.3 | Mecanismos de sincronização usados com outros processos | 8 | 3.4 |
| 3.4 | Mecanismos de sincronização utilizados no processo | 8 | 3.3 |
| 3.5 | Mecanismos de tomada de decisão utilizados com outros processos | 8 | 3.6 |
| 3.6 | Mecanismos de tomada de decisão utilizados no processo | 8 | 3.5 |
| 3.7 | Mecanismos de delegação utilizados com outros processos | 8 | 3.8 |
| 3.8 | Mecanismos de delegação utilizados no processo | 8 | 3.7 |
| 3.9 | Outros mecanismos de gestão/controle utilizados com outros processos | 8 | - |
| 3.10 | Outros mecanismos de gestão/controlado utilizados no processo | 8 | - |
| 3.11 | Exceções abordadas pelo projeto do processo | - | 3.9 |
| 3.12 | Exceções que podem ocorrer / ocorrer durante a execução do processo | - | - |
| 4 | Desempenho | - | - |
| 4.1 | Objetivos organizacionais | 1 | 4.1 |
| 4.2 | Objetivos organizacionais relacionados ao processo | 1/3 | 4.3 |
| 4.3 | Medidas de desempenho organizacional | 1 | 4.4 |
| 4.4 | Medidas de desempenho organizacional relacionadas ao processo | 1/3 | 4.6 |
| 4.5 | Objetivos de desempenho organizacional | 1 | 4.7 |
| 4.6 | Objetivos de desempenho organizacional relacionados ao processo | 1/3 | 4.9 |

| | | | |
|------|--|----|------|
| 4.7 | Informações de desempenho organizacional | 12 | - |
| 4.8 | Procedimento de coleta de informações de desempenho organizacional | 12 | 4.10 |
| 4.9 | Objetivos do processo | 1 | 4.2 |
| 4.10 | Medidas de desempenho do processo | 1 | 4.5 |
| 4.11 | Objetivos de desempenho do processo | 1 | 4.8 |
| 4.12 | Informações de desempenho do processo | 12 | - |
| 4.13 | Processo de coleta de informações sobre o desempenho dos processos | 12 | 4.11 |
| 4.14 | Influência de cada função no desempenho do processo | 12 | 4.12 |
| 5 | Sistemas, informações e tecnologia | - | - |
| 5.1 | Informações necessárias no processo | 12 | 5.1 |
| 5.2 | Estrutura de informação | 12 | - |
| 5.3 | Normalização da informação | 12 | - |
| 5.4 | Interfaces de processo | 6 | - |
| 5.5 | Padronização da interface | 6 | 5.2 |
| 5.6 | Coerência da semântica de processo | 11 | 5.3 |
| 5.7 | Consistência da semântica de processo | 11 | 5.3 |
| 5.8 | Tecnologia a ser utilizada na organização | 1 | - |
| 5.9 | Tecnologia a ser utilizada no processo | 1 | - |
| 5.10 | Tecnologia utilizada na organização | 1 | 5.4 |
| 5.11 | Tecnologia utilizada no processo | 1 | 5.5 |

Fonte: O Autor (2018).

Através dessa triangulação apresentada na tabela anterior foi possível estabelecer notas médias para as diretrizes. Pode-se constatar ainda que existem algumas diretrizes que não são possíveis de avaliar em uma concepção de processo (Diretriz #5, #7 e #10). O quadro a seguir apresenta a análise do alinhamento das diretrizes da EO.

Quadro 49 - Análise do Alinhamento das Diretrizes da EO

| # | Diretrizes da engenharia organizacional | Avaliador | | | | Média | IRR |
|----|---|-----------|------|------|------|-------|------|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | | |
| 1 | Desenho e execução de processos devem estar alinhados com o contexto organizacional | 3,07 | 3,78 | 3,07 | 3,78 | 3,43 | 0,90 |
| 2 | As pessoas envolvidas em um processo devem participar do seu projeto | 3 | 3,55 | 2,89 | 3,55 | 3,25 | 0,92 |
| 3 | Os processos devem ser claramente definidos | 3 | 4 | 3 | 3,50 | 3,37 | 0,86 |
| 4 | A capacidade dos recursos em um processo devem estar alinhadas com o desempenho esperado do processo | 3 | 4 | 3 | 3,75 | 3,44 | 0,84 |
| 5 | Estruturas de informação devem basear-se em padrões abertos para garantir a interoperabilidade com diferentes sistemas | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Especificações para os canais de interface dentro de uma cadeia de valor de processo devem ser definidas | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,50 | 0,80 |
| 7 | Os modelos de processos e seus elementos devem ser reutilizáveis em toda a organização e em sua cadeia de valor | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Os processos devem suportar explicitamente o gerenciamento / controle (por exemplo, sincronização, tomada de decisão, delegação e coordenação) dentro de um processo e com outros processos | 2,75 | 3 | 2,87 | 3,75 | 3,09 | 0,88 |
| 9 | O desenho do processo deve abordar diferentes tipos de exceções | 2 | 2 | 3 | 3 | 2,50 | 0,80 |
| 10 | O projeto e a execução do processo devem incorporar mecanismos para detecção / controle de detecção de mudança / melhoria / gerenciamento | - | - | - | - | - | - |
| 11 | A semântica do processo deve ser coerente e consistente em todos os processos | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,80 |

| | | | | | | | |
|----|--|------|---|------|------|------|------|
| 12 | Informações relacionadas ao desempenho do processo devem ser coletadas | 2,75 | 3 | 2,87 | 3,75 | 3,09 | 0,88 |
|----|--|------|---|------|------|------|------|

Nota: A1, A2, A3 e A4 indicam os diferentes avaliadores envolvidos no diagnóstico. O alinhamento das diretrizes da EO é classificado em: 1 – não evidente, 2 – alguma evidência, 3 – moderadamente evidente e 4 – evidência forte.

Legenda: A1 – Avaliador 1 (Representante Alta Direção) A3 – Avaliador 3 (Representante Engenharia)
 A2 – Avaliador 2 (Gestor Energético - Representante EGE) A4 – Avaliador 4 (Representante Manutenção)
 Fonte: O autor, 2018.

O Quadro 49 apresenta as médias das notas obtidas da triangulação das notas fornecidas pelos avaliadores através do *Survey*, a médias para cada diretriz, o desvio padrão e o IRR. O resultado obtido apresentou um alto nível de concordância entre os avaliadores, pois as questões ficaram com IRR acima de 0,8 e as médias obtidas na sua maioria ficaram acima de 3 (com exceção das diretrizes que não puderam ser avaliadas e a diretriz #9), o que indica que a empresa apresenta um alto grau de alinhamento das diretrizes com o contexto organizacional da empresa avaliada.

Pode-se observar que as diretrizes menos alinhadas são as diretrizes #6, #9 e #11, isso devido a algumas dificuldades apresentadas pelos membros entrevistados da empresa.

A diretriz #6, “Especificações para os canais de interface dentro de uma cadeia de valor de processo devem ser definidas”, a concepção de processo proposta não apresentou detalhamento suficiente dos canais de interface dentro da cadeia de valor do processo, para permitir o julgamento pelos avaliadores sobre esse tema.

A diretriz #9 “O design do processo deve abordar diferentes tipos de exceções”, causou dúvidas aos entrevistados, pois faltam mais detalhes do processo para poder julgar as exceções.

A diretriz #11, “A semântica de processos deve ser coerente e consistente em todos os processos”, apesar de apresentar uma média alta, ocorreu dificuldade de concordância entre os membros entrevistados da empresa a descrição semântica do processo apresentado foi compreendida. Entretanto os avaliadores entendem que deve haver maior detalhamento em outros encadeamentos (ex.: cadeia de valor). Isto é compreensível porque há necessidade de uma modelagem de todos os processos, que ainda não está disponibilizada.

A seguir uma discussão sobre a usabilidade e utilidade das diretrizes de engenharia da empresa e o procedimento de avaliação. Esta discussão é baseada na condução dos estudos de caso, verificando a usabilidade e utilidade.

- Usabilidade - O procedimento pode ser usado na avaliação do alinhamento às diretrizes?

O procedimento pode ser usado, embora implique muitas etapas, fontes de informação e revisões. Foram utilizadas planilhas eletrônicas (Excel) para cálculos IRR.

- Utilidades - O procedimento ajuda na avaliação do alinhamento às diretrizes?

O quadro de análise tratou sistematicamente uma variedade de evidências recolhidas de diferentes fontes, organizando-as e ajudando a sua análise. A decomposição das diretrizes em pontos de análise e requisitos de informação e o agrupamento de requisitos de informação em folhas de trabalho por fonte de informação permitiu direcionar os esforços de coleta de evidências e se concentrar nos dados necessários. Os procedimentos de avaliação orientaram a análise organizando dados e fornecendo aos avaliadores a evidência necessária para avaliar os requisitos de informação e os pontos de análise. O uso de quatro avaliadores auxiliou a aumentar a confiabilidade da análise.

As diretrizes também fornecem uma direção para melhorar o processo. No entanto, eles não prescrevem um caminho claro em como as melhorias devem ser implementadas nem prescrevem as práticas exatas que devem ser usadas no processo. Isto ainda depende da experiência com o processo e conhecimento de seu contexto.

7.1.3.3 Diagnóstico de avaliação do alinhamento das ações técnicas e gerenciais recomendadas

Conforme a análise do questionário FT5 Ações técnicas e gerenciais recomendadas, foi possível obter os resultados apresentados no Quadro 50. Nesta análise, pode-se observar as notas obtidas (1 a 4), médias das notas dos entrevistados, o desvio padrão e o índice IRR.

Quadro 50 - Resultado da Análise da Aplicabilidade das Ações Técnicas e Gerenciais Recomendadas.

| # | Questão | A1 | A2 | A3 | A4 | Média | Desvio Padrão | IRR |
|----|--|----|----|----|----|-------|---------------|------|
| 1 | O Gestor energético deva ser líder, motivador, solucionador de problemas e com capacidade de tratar diferentes objetivos. | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 1 |
| 2 | O Gestor energético deva ser experiente em questões energética e com disponibilidade para treinamento / certificação. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,5 | 0,8 |
| 3 | O Gestor energético deva ter habilidades sociais e capacidade de interconectar atividades entre diferentes grupos de trabalho. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 4 | A EGE deva ser multifuncional motivada em estrutura Ad hoc (propósito definido). | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 5 | A EGE deva, juntamente com a Alta direção, definir papéis, responsabilidades, posição e autoridade para o desenvolvimento das atividades do SGE. | 4 | 4 | 3 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 6 | A EGE deva coordenar, na etapa de verificação, as atividades de monitoramento, medição, análise (preferencialmente usando o PIMVP ou ISO 50015) e avaliação de conformidades com requisitos legais. Devem ser tratadas as não conformidades com ações corretivas e preventivas. | 4 | 4 | 3 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 7 | A Alta direção deva declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE, estabelecer uma política energética, incorporar a estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas, providenciar auditoria interna no SGE e realizar análise crítica do SGE em tempos determinados. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 8 | A Alta direção deva apoiar o planejamento energético, garantir IDE e prover os recursos diversos (Inclusive softwares, TIC para integração do SGE a outros sistemas, exemplo: ambiental, qualidade, etc.). | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 9 | A Empresa deva realizar a revisão energética inicial analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração; (iii) estabelecer a LBE e IDE. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,5 | 0,8 |
| 10 | A Empresa deva estabelecer na etapa da implementação e operações os seguintes requisitos para atender ao SGE: (i) educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (para conscientização e competências energéticas); (ii) comunicação; (iii) documentação. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |
| 11 | A Empresa deva providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real. | 3 | 4 | 3 | 4 | 3,5 | 0,5 | 0,8 |
| 12 | A Empresa deva providenciar a medição setorizada de energia. | 3 | 4 | 4 | 4 | 3,75 | 0,43 | 0,85 |

Nota: A1, A2, A3 e A4 indicam os diferentes avaliadores envolvidos no diagnóstico. O alinhamento das ações técnicas e gerenciais recomendadas é classificada como 1 – não concordo, 2 – concordo parcialmente, 3 – concordo e 4 – concordo totalmente.

Legenda: A1 – Avaliador 1 (Representante Alta Direção)

A3 – Avaliador 3 (Representante Engenharia)

A2 – Avaliador 2 (Gestor Energético - Representante EGE)

A4 – Avaliador 4 (Representante Manutenção)

Fonte: O Autor (2018).

Após a avaliação da aplicabilidade das ações técnicas e gerenciais recomendadas, criou-se o Quadro 50, em que se verifica um alto nível de

concordância entre os avaliadores, pois todas as questões ficaram com IRR acima de 0,8, o qual é considerado um valor de referência, com médias acima de 3,5. Isso indica um grande potencial para a empresa realizar as ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE.

As questões com IRR maior ou igual a 0,8 demonstram alto grau de aplicabilidade da questão proposta para uso na empresa, pois apresentam uma forte tendência para concordância do conteúdo das mesmas.

Analisando as questões que tiveram um IRR igual a 0,8, menor valor de IRR, foram as #2, #9 e #11, onde se constatou que os membros da empresa avaliada acreditam que existe alguma dificuldade em determinados aspectos.

Quanto à questão #2, “O Gestor energético deva ser experiente em questões energética e com disponibilidade para treinamento/certificação.”, a dificuldade desta questão se dá pela falta ou inexistência de um profissional com tais atributos na empresa ou disponível no mercado de trabalho.

Na questão #9, “A Empresa deva realizar a revisão energética inicial analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração; (iii) estabelecer a LBE e IDE.”, a dificuldade se dá pela complexidade de realizar a revisão energética inicial apenas pela empresa, pela falta de tempo dos funcionários e também necessidade de apoio técnico para realizarem mais uma função além da qual já executam cotidianamente. Como uma alternativa há a possibilidade de contratar uma ESCO para auxílio. A empresa avaliada informou que já contratou atividades com ESCO principalmente no contrato de Desempenho do Programa de Eficiência Energética das concessionárias designado PEE e não percebe dificuldades para trabalhar em conjunto com consultorias ou ESCO.

A questão #11, “A Empresa deva providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real.”, adquirir um sistema de monitoramento e medição da energia, apresenta alto custo e exige um estudo de viabilidade por parte da empresa, porém os membros da empresa avaliada não preveem grandes dificuldades nessa aquisição e implantação. A empresa apresenta atualmente um sistema de monitoramento do suprimento elétrico fornecido pela comercializadora de energia pelo sistema de monitoramento via *web* em tempo real.

7.1.4 Validade e confiabilidade do estudo de caso.

A validade e a confiabilidade do estudo de caso é verificado através das táticas de validades construtiva, interna e externa, e confiabilidade, estas táticas estão presentes na literatura e apresentam algumas sugestões para emprega-las e a que fase da pesquisa elas são aplicadas, conforme a Tabela 54.

Tabela 54 - Validade e Confiabilidade da Pesquisa

| Testes | Tática sugerida na literatura | Fase da pesquisa em que se empregou a tática |
|----------------------|--|--|
| Validade construtiva | - uso de múltiplas fontes de evidência - estabelecimento de uma cadeia de evidências - revisão de versões preliminares do relatório final por informantes-chave (da fase de coleta de dados) | - Coleta de dados - Coleta de dados - Composição |
| Validade interna | - Fazer confrontação com um padrão ou construção de explanação | - Análise de dados |
| Validade externa | - Não atendido; realização somente de um caso* | - |
| Confiabilidade | - uso de um protocolo de pesquisa - desenvolvimento de uma base de dados para o estudo de caso | - Coleta de dados - Coleta de dados |

Fonte: YIN (1994), adaptado pelo autor (2018).

*Aplicação em DESCHAMPS (2013) atendido em estudo de múltiplos casos (EUA e Brasil).

7.1.5 Relatório do diagnóstico da empresa de Papel e Celulose.

O resultado do diagnóstico organizacional realizado na empresa de papel e celulose mostrou pela qualidade das evidências e obteve-se consistência na confirmação com diversas fontes de dados, demonstrando que esta empresa apresenta potencial suficiente e apropriado para implementar um SGE.

Os requisitos de informação extraídos dos dados prestados pela participação de quatro funcionários da organização (gerente geral da fábrica, engenheiro eletricitista representando gestor energético, engenheiro químico representando a área funcional engenharia e engenheiro eletricitista representando a área funcional manutenção) demonstrou um índice de confiabilidade entre avaliadores (IRR) superior ao valor de 0,8 mostrando confiabilidade das informações.

Os resultados também apontaram um alinhamento do contexto organizacional (cultura organizacional, valores organizacionais, objetivos organizacionais, desempenho organizacional, pessoas e tecnologia) que a empresa apresenta para

atender o estabelecido nas diretrizes da engenharia organizacional. Isto implica que a concepção de processo proposta pela pesquisa, caso seja implantado na empresa, pode apresentar uma boa estruturação e funcionar adequadamente.

Também, os resultados para o *survey* aplicado sobre a adoção das ações técnicas e gerenciais recomendadas, mostrou um grande alinhamento, com valores de IRR superiores a 0,8. Esta situação mostra que a eventual implantação de um SGE terá condições de obter sucesso e uma bem sucedida gestão.

Também são bem destacadas as participações da empresa avaliada no PEE (Programa de Eficiência Energética das Concessionárias) na qual a empresa participou em um contrato de desempenho sendo contemplada na substituição de 37 motores de diversas potências *standard* para motores de alto rendimento e a instalação de 10 acionamentos de velocidades variáveis utilizando inversores de frequência. Registre-se também com a participação juntamente com empresas de vários programas de eficiência energética e de consultoria (ESCO). As informações anteriormente relatadas qualificam a empresa de papel e celulose para atuar em um eventual futuro SGE com sucesso.

Um relatório pormenorizado com os resultados extraídos da aplicação do diagnóstico da avaliação das diretrizes e das ações técnicas e gerenciais recomendadas está sendo organizado para encaminhamento a empresa avaliada.

7.2 AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE INTRA-ORGANIZACIONAL

O desenvolvimento do modelo de avaliação da interoperabilidade para a gestão da energia na indústria (MAIGEI) descrito no capítulo 6 tem interesse de estudar a interoperabilidade organizacional para contribuir em minimizar ou remover as barreiras organizacionais que impedem uma bem-sucedida gestão da energia na indústria energo-intensiva. Assim sendo, como o objetivo de realizar pesquisa em um estudo de campo, empreende-se a aplicação do referido modelo na forma de um diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional. Para tanto, o seguinte roteiro de atividades é proposto conforme as atividades AC1 e AC2:

AC1 – Realizar um diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional pela aplicação do modelo MAIGEI em uma IEI. Essa atividade se subdivide em: (i) elaboração do documento de avaliação da interoperabilidade intra-organizacional; (ii)

Condução de teste piloto; (iii) seleção de uma IEI detentora de certificação ISO 50001 na qual será aplicado o modelo MAIGEI; (iv) definição de quais áreas intra-organizacionais da indústria selecionada serão diagnosticadas; (v) seleção dos participantes de cada área intra-organizacional que contribuirão com a aplicação do modelo MAIGEI; (vi) aplicação do modelo MAIGEI.

AC2 – Posicionar a organização quanto à compatibilidade das áreas intra-organizacionais avaliadas para a interoperabilidade do SGE.

7.2.1 Diagnóstico da Interoperabilidade Intra-Organizacional na Gestão da Energia na Indústria – DIOGEI - atividade AC1.

A avaliação da interoperabilidade organizacional de um SGE em operação em uma IEI realiza-se através de um diagnóstico da interoperabilidade organizacional, atendendo aos interesses da pesquisa de modo que a interoperabilidade possa ser mensurada na forma da compatibilidade em uma aplicação a posteriori, com parceiro conhecido e em um escopo intra-organizacional.

O MAIGEI é efetivado pela aplicação do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional (DIOGEI), que por sua vez é operacionalizado pela aplicação de um documento de avaliação (questionário).

O DIOGEI expressa os resultados do diagnóstico usando como estratégia comparações em pares (conforme discutido nas seções 6.2.4.2 e 6.2.4.3). As comparações geram a distribuição de peso do fundo (alternativa) para o topo (objetivo – AIO), conforme as ilustrações das Figuras 101, 103 e 104. Apesar de que o método AHP seja “um método clássico de tomada de decisão”, o DIOGEI usa sua estrutura para não “Tradicionalmente” “fazer uma escolha”. O DIOGEI usa AHP para minimizar a subjetividade relacionada à comparação de itens, adotando sempre uma comparação referencial (em pares) ao contrário de uma seleção ou escolha absoluta.

Assim, não se trata de uma questão de “pura escolha”, mas sim de verificar os posicionamentos de critérios específicos: objetivo 1 (critérios - preocupações), objetivo 2 (sub-critérios - preocupações x barreiras) e objetivo 3 (alternativas - atributos) para determinar o nível de compatibilidade existente entre duas áreas intra-organizacionais distintas, conforme a Tabela 55.

Tabela 55 – Objetivos do Diagnóstico Intra-Organizacional - Modelo Diagnóstico DIOGEI

| Objetivo | Descrição | Documento de Avaliação (questionário) | Aspecto / Visão |
|------------|--|---------------------------------------|-------------------|
| Objetivo 1 | Prover informação sobre os aspectos das preocupações | Parte 1 | Visão gerencial |
| Objetivo 2 | Prover informação sobre a perspectiva das preocupações x barreiras | Parte 2 | Visão tática |
| Objetivo 3 | Prover informação sobre a perspectiva de interoperabilidade de cada atributo | Parte 3 | Visão operacional |

Fonte: O Autor, 2018.

- **Objetivo 1 - Visão Gerencial.** Neste cenário, os tomadores de decisão têm acesso ao posicionamento dos níveis de cada uma das preocupações da interoperabilidade (“Negócios”, “Processo”, “Serviço” e “Dados”). Esta visão que está no topo da estrutura do diagnóstico é considerada uma perspectiva estratégica.
- **Objetivo 2 - Visão tática.** Neste cenário temos uma visão mais pormenorizada, possibilitando uma análise do foco/atenção que a organização (área em estudo) destina a cada uma das três barreiras da interoperabilidade (“Conceitual”, “Tecnológica” e “Organizacional”) dentro de cada uma das quatro preocupações (“Negócios”, “Processo”, “Serviço” e “Dados”).
- **Objetivo 3 - Visão operacional.** Neste cenário, os tomadores de decisão têm um posicionamento muito mais detalhado do foco/atenção que a organização (área em estudo) destina para cada atributo e das práticas que estão sendo executadas. Observa-se também que cada atributo está atrelado as barreiras organizacionais para uma bem sucedida gestão da energia.

7.2.1.1 Elaboração do documento de avaliação do diagnóstico da interoperabilidade

A fim de atender aos objetivos do diagnóstico intra-organizacional apresentados na Tabela 55 e cumprindo a primeira etapa da atividade AC1, elabora-

se o documento de avaliação da interoperabilidade, disposto integralmente no Apêndice G. O questionário foi elaborado a partir das comparações em pares previstas na aplicação do método AHP, conforme apresentado no item 6.2.4.3.

O documento de avaliação resultante é composto por três etapas a serem preenchidas pelos entrevistados: (i) etapa 1, referente às comparações em pares relacionadas às preocupações da interoperabilidade; (ii) etapa 2, referente às comparações em pares relacionadas às Preocupações x Barreiras da interoperabilidade; (iii) etapa 3, referente às comparações em pares relacionadas aos atributos pertinentes à interoperabilidade. Além disso, incluiu-se no documento de avaliação um glossário com definições e informações relevantes para facilitar o entendimento e preenchimento do questionário pelos participantes.

7.2.1.2 Teste Piloto

O documento de avaliação (questionário) para avaliar a interoperabilidade intra-organizacional, elaborado para a etapa da pesquisa de campo, necessitava de uma verificação da sua aplicabilidade. Portanto, em uma primeira fase, o questionário sobre a interoperabilidade (baseado no método AHP) foi submetido a um teste piloto com relação aos aspectos de entendimento, clareza das questões, abrangência do assunto, consistência técnica e outros requisitos. Assim sendo, foi procurado reproduzir as mesmas situações previstas no protocolo de pesquisa e que seriam encontradas no caso real. Foram selecionados seis alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da UFPR, com experiência na indústria e conhecedores da norma ISO 50001. Os alunos selecionados para a avaliação, inicialmente participaram de um seminário para uma apresentação sobre os objetivos do trabalho de pesquisa, conforme a proposição do tema, de sua funcionalidade, *framework*, modelo, preocupações, barreiras e atributos.

Os participantes selecionados foram divididos em dois grupos de três membros. Cada grupo de três membros foi arranjado para assumir a função de atores no papel de uma área funcional de engenharia e os demais três membros foram representantes da área funcional da manutenção de uma indústria. Os participantes investidos nas posições definidas no parágrafo anterior (três na engenharia e três na manutenção) foram convocados para o preenchimento de um questionário sobre interoperabilidade entre áreas intra-organizacionais.

Os seis participantes foram submetidos ao preenchimento do questionário composto de três etapas. Etapa 1 - Preocupações, comparações em pares relacionadas às preocupações da interoperabilidade. Etapa 2 – Preocupações x Barreiras, comparações em pares relacionadas às Preocupações x Barreiras da interoperabilidade. Etapa 3 – Atributos, comparações em pares relacionadas aos atributos pertinentes à interoperabilidade.

Acompanhando o questionário, há um glossário, onde houve pequenas dúvidas que foram esclarecidas, não necessitando qualquer reformulação no questionário.

7.2.1.3 Seleção e caracterização da indústria

A necessidade de encontrar uma empresa de uso intensivo de energia, atendendo ao propósito definido pela pesquisa, e que possuía certificação ISO 50001, conduziu para uma empresa multinacional do ramo petroquímico sediada no Paraná, a qual se disponibilizou em participar do estudo, desde que o nome da empresa (razão social) não fosse divulgado e os resultados obtidos não fossem associados à mesma. Após discussões preliminares, definiu-se, de comum acordo, desenvolver o estudo na área funcional da engenharia da empresa em uma de suas divisões designada “utilidades”, que está diretamente envolvida com as questões da gestão da energia, água, efluentes, etc. A área de “utilidades” é um dos suportes à produção, faz parte do processo, mas não faz parte do produto, conforme BRANCO FILHO (2004).

7.2.1.4 Definição de áreas intra-organizacionais

Com a definição da divisão de utilidades pertencente à área de engenharia para realização do estudo, restava estabelecer quais partes da divisão de utilidades participariam do diagnóstico de interoperabilidade intra-organizacional. A divisão de utilidades apresenta duas seções especializadas em: (i) suprimento e distribuição de energia elétrica envolvendo subestações, quadros elétricos e o uso final em força motriz, iluminação, etc.; (ii) suprimento e distribuição de gás e outros combustíveis, bem como a gestão de calor, vapor, ar comprimido, água e efluentes. Assim, a seção de suprimento e distribuição de energia elétrica foi designada Área intra-organizacional utilidades “A”. De forma análoga, a seção de suprimento de gás (outros

combustíveis), calor, ar comprimido, água e efluentes foi designada Área intra-organizacional utilidades “B”.

7.2.1.5 Seleção de participantes

Com a definição das seções participantes no estudo, conforme orientação da empresa, foram designados três funcionários com formação em engenharia elétrica para comporem a área intra-organizacional utilidades “A” e dois funcionários com formação em engenharia mecânica para comporem a área intra-organizacional utilidades “B”.

A diferença no número de participantes de cada área é justificada pela disponibilidade de colaboradores à época em que o estudo foi realizado e não afeta os resultados obtidos, uma vez que há número suficiente de respondentes para representar a situação real (*as it is*) do SGE já implantado.

7.2.1.6 Diagnóstico da compatibilidade entre áreas intra-organizacionais selecionadas para a interoperabilidade do SGE

O diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional (DIOGEI), com base em sua característica estrutural de avaliação fundamentada no método AHP, possibilita avaliar o desempenho organizacional de um sistema de gestão da energia utilizando ferramentas de decisão multicritério (método AHP), fornecendo uma medida da compatibilidade entre os órgãos internos da empresa para a interoperabilidade da gestão da energia.

Portanto, procurou-se identificar o nível de compatibilidade existente entre duas áreas intra-organizacionais distintas e diretamente envolvidas com o processo de gestão da energia por meio dos atributos comuns aos domínios GE na IEI e AIO, analisados em quadrantes formados pela combinação das preocupações com os aspectos de interoperabilidade.

Para assegurar as suas funções e atingir seus objetivos, as duas áreas intra-organizacionais selecionadas para o estudo precisam interoperar com as partes envolvidas no sistema de gestão da energia. No presente trabalho, conforme definições apresentadas, a interoperabilidade é considerada como a capacidade

organizacional e operacional de uma empresa em cooperar com seus parceiros de negócios, identificando barreiras ao bom desempenho associado e estabelecer de forma eficiente ações com o objetivo de criar valor.

A fim de compreender o posicionamento das áreas intra-organizacionais sob análise quanto aos aspectos da interoperabilidade da gestão da energia, realizou-se visitas “*in loco*” e contatos com seus representantes. Tais visitas foram realizadas com o objetivo de efetivar o preenchimento do documento de avaliação disposto no Apêndice F (documento de avaliação). Assim, pôde-se estabelecer os níveis de atenção/foco dados pela organização (na visão dos respondentes) às barreiras, preocupações e atributos da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva. As informações obtidas dos documentos de avaliação preenchidos pelos representantes das áreas intra-organizacionais sob análise foram inseridas no *Software Super Decisions* onde foi modelada a estrutura hierárquica de avaliação multicritério baseada no método AHP, base de inferência do MAIGEI, conforme a Figura 98.

Seguindo o diagrama das etapas de aplicação do MAIGEI disposto na Figura 113, a primeira etapa consistiu em definir os respondentes que representam as áreas intra-organizacionais a serem analisadas.

Na segunda etapa, verificou-se o conhecimento dos especialistas que representam as áreas intra-organizacionais a serem analisadas quanto aos conceitos relacionados aos domínios AIO e GE na IEI e às barreiras organizacionais a uma eficiente gestão da energia da indústria.

Na terceira etapa, as orientações para o preenchimento do documento de avaliação da interoperabilidade intra-organizacional foram fornecidas aos especialistas eleitos, então como avaliadores. Assim, os representantes selecionados procederam em atribuir pesos às comparações em pares realizadas em cada um dos níveis hierárquicos do método AHP (preocupações, barreiras e atributos da interoperabilidade no domínio da GE na IEI). Essa etapa foi efetivada pelo preenchimento, por parte de representantes de duas áreas intra-organizacionais distintas e diretamente envolvidas com o processo de gestão da energia, do questionário disposto no Apêndice F.

A quarta etapa consistiu em inserir os dados obtidos do preenchimento dos documentos de avaliação no modelo implementado no *software Super Decisions*.

O Quadro 51 apresenta uma síntese dos principais aspectos relacionados com aplicação do diagnóstico DIOGEI, destacando as áreas intra-organizacionais selecionadas para o trabalho, contextualização de problemas enfrentados pelas empresas quanto à interoperabilidade de sistemas de gestão da energia, as áreas intra-organizacionais representadas pelos respondentes selecionados, o conhecimento apresentado pelos respondentes quanto aos conceitos e atributos da interoperabilidade que constam no documento de avaliação e a verificação de que todos os respondentes preencheram o documento de avaliação proposto.

Quadro 51 - Quadro Resumo de Características da Aplicação do Diagnóstico DIOGEI

| Áreas Intra-Organizacionais Utilidades | Contextualização do Problema | Área dos Respondentes | Conhecimento dos conceitos de Interoperabilidade e atributos correlatos | Preenchimento dos documentos de avaliação |
|---|---|--|--|--|
| Área intra-organizacionais utilidades "A" | Barreiras organizacionais (conforme capítulo 6.2.1) | Suprimento e distribuição de energia elétrica | Sim (entrevista e documento de avaliação questionário) | Sim |
| Área intra-organizacionais utilidades "B" | Barreiras organizacionais (conforme capítulo 6.2.1) | Suprimento de gás (outros combustíveis), calor, ar comprimido e água | Sim (entrevista e documento de avaliação questionário) | Sim |

Fonte: O autor, 2018.

A seguir, será apresentado o processo de análise dos resultados obtidos no diagnóstico organizacional de interoperabilidade das áreas intra-organizacionais "A" e "B" utilizando o DIOGEI.

7.2.2 Posicionamento da organização quanto à compatibilidade intra-organizational para a interoperabilidade do SGE - atividade AC2.

7.2.2.1 Análise Hierárquica de Processos – Área intra-organizational utilidades "A"

Os dados que serão analisados foram obtidos a partir de entrevista com três representantes da área intra-organizational utilidades "A" da empresa, identificados como "Respondente 1", "Respondente 2" e "Respondente 3". Seguindo a etapa V de aplicação do MAIGEI disposta na Figura 113, com base nos dados obtidos dos

documentos de avaliação, foi conduzida uma análise para cada um dos respondentes no *software Super Decisions*.

A fim de atender ao objetivo 1 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional apresentado na Tabela 55, a primeira ação da análise foi encontrar o autovetor de ponderações atribuídas por cada respondente ao definir a avaliação relativa (par a par) dos elementos do primeiro nível da estrutura hierárquica (critérios – preocupações), referente a uma visão gerencial do objetivo do diagnóstico. A junção do resultado numérico das respostas dos especialistas foi realizada através da média geométrica (SSEBUGGWAWO et al., 2009), conforme apresentado no Quadro 52.

Quadro 52 - Ponderação dos Critérios com Relação ao Objetivo - Área Intra-Organizacional utilidades "A"

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | Respondente 2 | | | | Respondente 3 | | | | Média Geométrica | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|------------------|-------|-------|-------|------|
| Objetivo | AIO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | Soma |
| Prioridades | 0,0971 | 0,1997 | 0,1409 | 0,5624 | 0,0438 | 0,3064 | 0,2166 | 0,4333 | 0,2197 | 0,6066 | 0,0703 | 0,1034 | 0,115 | 0,391 | 0,151 | 0,343 | 1,00 |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2018.

O nível correspondente de análise representa o grau de maior abstração da avaliação, ou seja, uma visão gerencial em função do objetivo, correspondendo à percepção dos avaliadores quanto ao nível de atenção/foco dado pela organização (situação *As Is*) às perspectivas globais da interoperabilidade – *Business, Process, Data e Service*. Assim, obtém-se os níveis nas macro perspectivas da interoperabilidade, que influenciarão os níveis de atenção/foco das camadas inferiores da estrutura hierárquica (barreiras e tributos da interoperabilidade).

A média geométrica sintetiza, portanto, o valor da prioridade dos critérios em relação ao objetivo que corresponde ao grau de influência na inferência dos níveis de foco/atenção dadas pela organização às perspectivas *Business (B)*, *Process (P)*, *Data (D)* e *Service (S)*.

A Figura 114 representa tais valores e mostra através da cobertura do gráfico em uma visão mais abstrata e global, uma relativa fragilidade da interoperabilidade pontencial ou capacidade de interoperação. Pode-se afirmar que a perspectiva *Process* representa uma maior atenção dada pela empresa; sendo a perspectiva *Data* na segunda posição, *Service* na terceira, e *Business* na quarta.

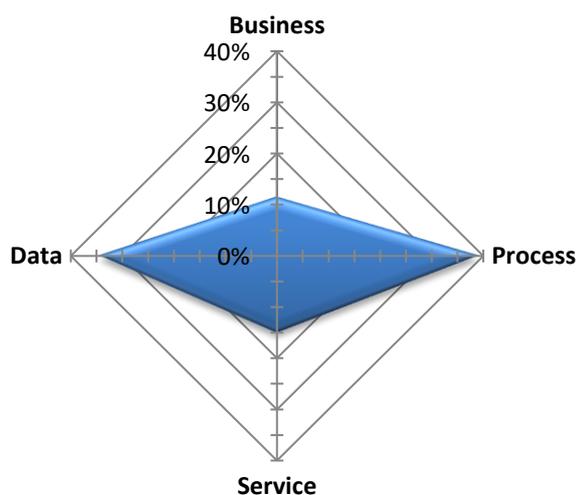


Figura 114 - Macro Perspectivas da Interoperabilidade - Área Intra-Organizacional Utilidades "A"
Fonte: O autor, 2018.

A etapa seguinte, referente ao objetivo 2 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional, consiste em realizar as comparações em pares entre os subcritérios (quadrantes da interoperabilidade, referentes a uma visão tática do objetivo do diagnóstico) por respondente e, analogamente, agregar as prioridades individuais através da média geométrica. A fim de obter as ponderações da influência exercida pelos níveis hierárquicos superiores aos julgamentos dos níveis hierárquicos inferiores, multiplica-se o valor desta média com a média já encontrada para as preocupações da interoperabilidade (critérios ao nível superior da hierarquia). Os resultados obtidos estão dispostos no Quadro 53.

A demonstração dos cálculos completos encontra-se no Apêndice I que apresenta o memorial referente à aplicação do método AHP para a área intra-organizacional utilidades "A".

Quadro 53 - Ponderação entre os Critérios e Subcritérios - Área Intra-Organizacional Utilidades "A"

| Ponderação entre os Critérios e Subcritérios | B | | | P | | | S | | | D | | | Soma |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO | |
| | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,11 | 0,04 | 0,24 | 0,04 | 0,02 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,20 | 1,00 |

Fonte: O autor, 2018.

O Quadro 53 apresenta os níveis ponderados de atenção/foco dados às barreiras da interoperabilidade (terceiro nível hierárquico, correspondente a uma visão tática do objetivo do diagnóstico) em função da agregação (média geométrica) dos julgamentos referentes aos níveis de atenção/foco dados pela organização às preocupações da interoperabilidade (segundo nível hierárquico). Nota-se que os

quadrantes PO, DO e SO recebem maior atenção por parte da empresa, demonstrando preocupação com os aspectos organizacionais relacionados a processos, serviços e dados sem, contudo, ter um suporte organizacional compatível na dimensão de negócios.

Considerando ter apresentado valor de 0,24 e 0,2 nos quadrantes relativos a processos e dados, respectivamente, a empresa demonstra possuir um suporte e infraestrutura de TIC capaz de promover a troca e partilha de informações relacionadas ao sistema de gestão da energia, possuindo compatibilidade nos sistemas de informação. Observa-se ainda que o posicionamento nos quadrantes *Business e Service* indicam pouca atenção voltada para atender aspectos de negócios relacionados com trâmites e documentação do SGE.

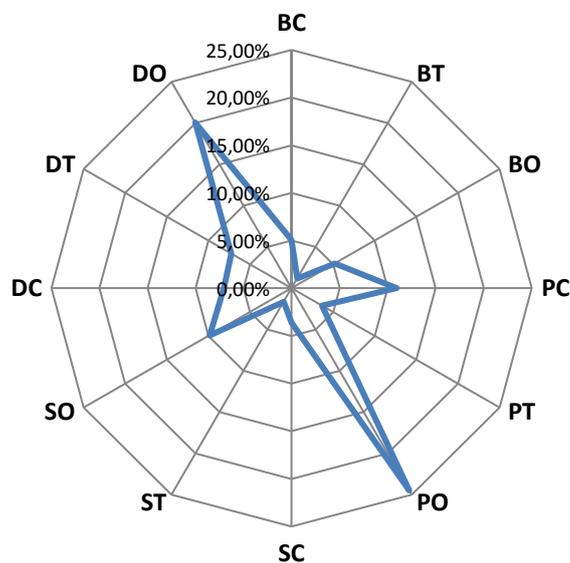


Figura 115 - Níveis de Interoperabilidade dos Quadrantes – Área Intra-Organizacional Utilidades “A”.
Fonte: O autor, 2018.

Após a avaliação dos níveis hierárquicos superiores da estrutura, o próximo nível a ser avaliado corresponde ao objetivo 3 da Tabela 55 referente à visão operacional do objetivo do diagnóstico. Essa análise representa o foco mais granular de avaliação e está relacionada às alternativas da estrutura hierárquica do método AHP: os atributos.

A Figura 116 apresenta os níveis de atenção/foco dados pela organização aos atributos da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria. Tais níveis foram calculados a partir do autovetor de prioridades obtido das comparações em pares realizadas por cada respondente. Novamente, as prioridades foram

agregadas pela média geométrica dos julgamentos individuais dos três respondentes. Ressalta-se que as ponderações oriundas das avaliações realizadas nos níveis hierárquicos superiores influenciam os níveis de atenção/foco aferidos para cada atributo.

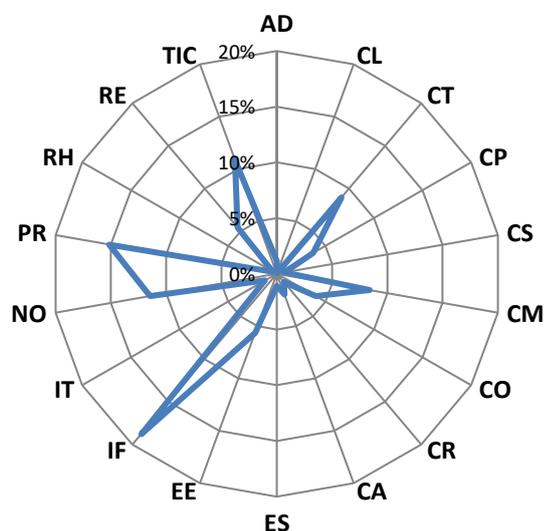


Figura 116 - Níveis de Atenção/Foco dados aos Atributos para a Interoperabilidade da GE na IEI - Área Intra-Organizacional Utilidades "A".
Fonte: O autor, 2018.

Os valores numéricos dos níveis de atenção/foco dados pela organização aos atributos da interoperabilidade, na visão da área intra-organizacional utilidades "A", estão dispostos na Tabela 56.

Tabela 56 - Visão Geral dos Níveis de Atenção dados aos Atributos na Área Intra-Organizacional utilidades "A"

| Visão geral dos atributos Área intra-organizacional utilidades "A" | |
|---|-------------|
| AD | 1,145% |
| CL | 0,059% |
| CT | 8,955% |
| CP | 3,746% |
| CS | 0,705% |
| CM | 8,399% |
| CO | 3,994% |
| CR | 0,970% |
| CA | 1,978% |
| ES | 1,085% |
| EE | 5,620% |
| IF | 18,785% |
| IT | 1,211% |
| NO | 11,452% |
| PR | 15,148% |
| RH | 0,385% |
| RE | 5,434% |
| TIC | 10,866% |
| Total | 100% |

Fonte: O Autor, 2018.

Os resultados extraídos do DIOGEI referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional está apresentado no quadro resumo conforme a Figura 117.

| | | Conceptual | Technological | Organizational | | | |
|----------|-------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| Business | 11,5% | Competências - CP | 13,1% | Colaboração - CL | 4,9% | Adaptabilidade - AD | 22,0% |
| | | Cooperação - CR | 8,3% | Comunicação - CM | 7,7% | Compromisso - CS | 13,5% |
| | | Cultura - CA | 25,3% | Controle de Operações - CO | 33,2% | Cooperação - CR | 10,6% |
| | | Estratégia - ES | 21,4% | Estrutura Empresarial - EE | 29,9% | Cultura - CA | 13,4% |
| | | Estrutura Empresarial - EE | 19,4% | Integração - IT | 13,8% | Estrutura Empresarial - EE | 16,8% |
| | | Informação - IF | 12,4% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 10,5% | Recursos Humanos - RH | 7,4% |
| | | | | | | Responsabilidade - RE | 16,4% |
| | | 44,2% | 10,3% | 45,5% | | | |
| Process | 39,1% | Controle de Operações - CO | 32,9% | Integração - IT | 16,9% | Comunicação - CM | 9,8% |
| | | Informação - IF | 11,1% | Normatização - NO | 37,4% | Normatização - NO | 29,9% |
| | | Normatização - NO | 25,3% | Processos - PR | 45,7% | Processos - PR | 41,6% |
| | | Processos - PR | 30,1% | | | Responsabilidade - RE | 18,7% |
| | | | | | | | |
| | | 28,0% | 9,4% | 62,7% | | | |
| Service | 15,1% | Compatibilidade - CT | 28,4% | Compatibilidade - CT | 51,8% | Competências - CP | 31,3% |
| | | Informação - IF | 71,6% | Integração - IT | 26,0% | Estrutura Empresarial - EE | 34,6% |
| | | | | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 22,3% | Informação - IF | 17,4% |
| | | | | | | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 16,7% |
| | | 23,8% | 11,0% | 65,2% | | | |
| Data | 34,3% | Compatibilidade - CT | 13,4% | Compatibilidade - CT | 20,2% | Compatibilidade - CT | 23,3% |
| | | Comunicação - CM | 42,6% | Comunicação - CM | 39,8% | Informação - IF | 46,1% |
| | | Informação - IF | 26,5% | Informação - IF | 21,3% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 30,6% |
| | | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 17,5% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 18,6% | | |
| | | 20,5% | 21,1% | 58,3% | | | |

Figura 117 – quadro resumo referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional, área intra-organizacional “A”.

Fonte: O autor, 2018.

A expressão gráfica da Figura 116 ilustra os níveis de atenção dados aos atributos, dando uma expressão diagnóstica mais granular, que sugere um cobrimento e capacidade intermediária de interoperação da área intra-organizacional utilidades sob análise. Observa-se que dos 18 atributos, sete recebem níveis de atenção inferiores a 2%, sendo que os atributos que encontram-se mais negligenciados (com os menores níveis de atenção) são Colaboração (CL), Recursos Humanos (RH) e Compromisso (CS).

Os atributos que recebem os maiores níveis de atenção por parte da organização são Informação (IF), Processos (PR), Tecnologia da Informação/Comunicação (TIC) e Compatibilidade (CT).

7.2.2.2 Análise Hierárquica de Processos – Área intra-organizacional utilidades “B”

Os dados que serão analisados foram obtidos a partir de entrevista com dois representantes da área intra-organizacional utilidades “B” da empresa, identificados como “Respondente 1” e “Respondente 2”.

O mesmo procedimento de análise aplicado à área intra-organizacional utilidades “A” foi aplicado à área intra-organizacional utilidades “B”, com o objetivo de verificar a percepção dos avaliadores quanto ao nível de atenção/ foco dados pela organização (situação *As Is*) às perspectivas globais da interoperabilidade – *Business, Process, Data e Service*, e os resultados demonstrados no Quadro 54.

Quadro 54 - Ponderação dos Critérios com Relação ao Objetivo - Área Intra-Organizacional Utilidades “B”

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | Respondente 2 | | | | Média Geométrica | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|-------|---------------|--------|--------|--------|------------------|-------|-------|-------|------|
| Objetivo | AIO | | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | Soma |
| Prioridades | 0,0706 | 0,2929 | 0,1454 | 0,491 | 0,4477 | 0,2991 | 0,0439 | 0,2092 | 0,203 | 0,339 | 0,091 | 0,367 | 1,00 |

Fonte: O autor, 2018.

Primeiramente foi encontrado o autovetor de ponderação para definir a avaliação relativa (par a par) dos elementos critérios – perspectiva de interoperabilidade – referentes ao objetivo 1 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional. A Figura 118 apresenta os valores dos níveis de atenção/foco dados pela organização, na visão da área intra-organizacional utilidades “B”, sob as perspectivas *Business, Process, Data e Service*.

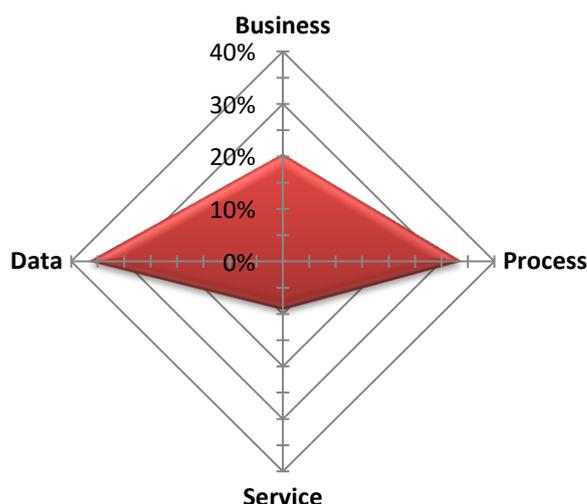


Figura 118 - Macro Perspectivas da Interoperabilidade - Área Intra-Organizacional Utilidades "B"
Fonte: O autor, 2018.

De acordo com a Figura 118, pode-se afirmar que a perspectiva *Data* representa uma maior atenção dada pela área intra-organizacional utilidades B, a perspectiva *Process* na segunda posição, *Business* na terceira e *Service* na quarta.

Na sequência, foi realizada a comparação entre os critérios e subcritérios por respondentes (objetivo 2 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional) e, analogamente, calculadas as médias geométricas para agregação das respostas, seguindo o mesmo procedimento descrito e aplicado à área intra-organizacional utilidades "A" para encontro das ponderações dos níveis de importância correspondentes à visão tática do objetivo do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional.

A demonstração dos cálculos completos encontra-se no Apêndice I que apresenta a documentação referente à análise AHP para a área intra-organizacional utilidades B. O Quadro 55 apresenta os valores da ponderação realizada entre a média geométrica dos pesos atribuídos aos critérios (preocupações) e sub critérios (barreiras).

Quadro 55 - Ponderação entre os Critérios e Subcritérios - Área Intra-Organizacional Utilidades "B".

| Ponderação entre os Critérios e Subcritérios | B | | | P | | | S | | | D | | | Soma |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO | |
| | 0,04 | 0,05 | 0,12 | 0,19 | 0,09 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,19 | 0,08 | 1,00 |

Fonte: O Autor, 2018.

Os níveis de atenção/foco obtidos pela ponderação entre os critérios e sub-critérios são expressos graficamente na Figura 119.

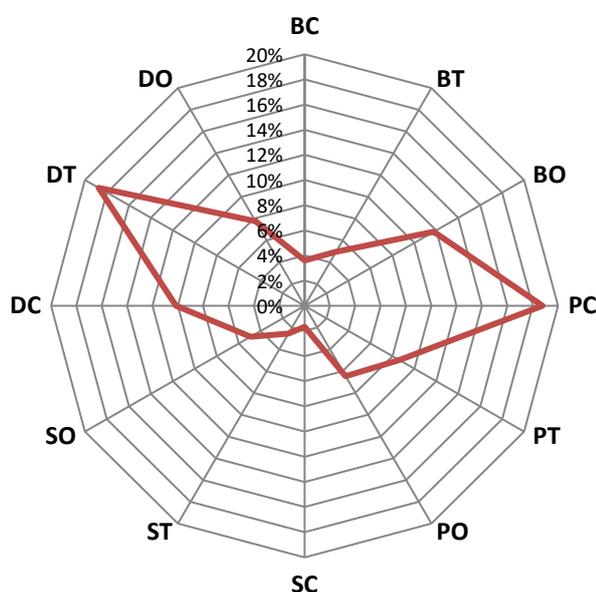


Figura 119 - Níveis de Interoperabilidade dos Quadrantes - Área intra-organizacional utilidades "B"
Fonte: O autor, 2018.

A Figura 120 apresenta os níveis de atenção/foco dados pela organização (na visão da área intra-organizacional utilidades B) aos atributos da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria, referentes ao objetivo 3 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional (visão operacional do objetivo do diagnóstico). Tais níveis foram calculados a partir do autovetor de prioridades obtido das comparações em pares realizadas por cada respondente. Novamente, as prioridades foram agregadas pela média geométrica dos julgamentos individuais dos três respondentes.

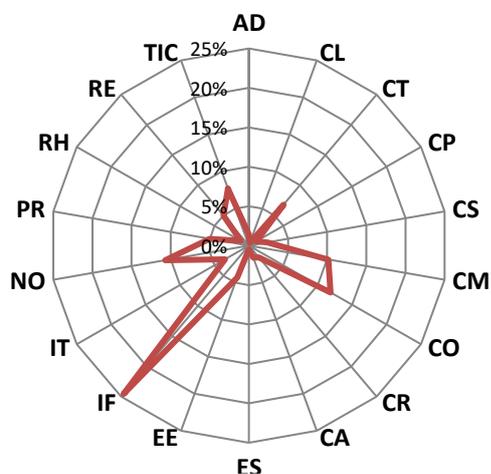


Figura 120 - Níveis de Atenção /Foco dados aos Atributos para a Interoperabilidade da GE na IEI - Área Intra-Organizacional Utilidades “B”.
Fonte: O autor, 2018.

Os valores numéricos dos níveis de atenção/foco dados pela organização aos atributos da interoperabilidade, na visão da área intra-organizacional utilidades “B”, estão dispostos na Tabela 57.

Tabela 57 - Visão Geral dos Níveis de Atenção dados aos Atributos na Área Intra-Organizacional Utilidades “B”

| Visão geral dos atributos Área intra-organizacional utilidades “B” | |
|---|-------------|
| AD | 1,412% |
| CL | 0,333% |
| CT | 6,791% |
| CP | 1,059% |
| CS | 2,325% |
| CM | 10,137% |
| CO | 11,857% |
| CR | 1,943% |
| CA | 1,644% |
| ES | 0,488% |
| EE | 4,290% |
| IF | 24,554% |
| IT | 3,460% |
| NO | 10,682% |
| PR | 5,027% |
| RH | 1,194% |
| RE | 4,998% |
| TIC | 7,679% |
| Total | 100% |

Fonte: O autor, 2018.

Os resultados extraídos do DIOGEI referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional está apresentado no quadro resumo abaixo conforme a Figura 121.

| | Conceptual | Technological | Organizational | | | |
|--------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Business 20,34% | Competências - CP | 7,95% | Colaboração - CL | 6,71% | Adaptabilidade - AD | 11,99% |
| | Cooperação - CR | 18,38% | Comunicação - CM | 21,64% | Compromisso - CS | 19,75% |
| | Cultura - CA | 6,20% | Controle de Operações - CO | 38,34% | Cooperação - CR | 10,87% |
| | Estratégia - ES | 13,51% | Estrutura Empresarial - EE | 18,09% | Cultura - CA | 12,06% |
| | Estrutura Empresarial - EE | 18,43% | Integração - IT | 9,57% | Estrutura Empresarial - EE | 11,92% |
| | Informação - IF | 35,53% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 5,65% | Recursos Humanos - RH | 10,14% |
| | | | | | Responsabilidade - RE | 23,27% |
| | | 17,76% | 24,36% | 57,88% | | |
| Process 33,86% | Controle de Operações - CO | 53,04% | Integração - IT | 23,17% | Comunicação - CM | 21,76% |
| | Informação - IF | 12,80% | Normatização - NO | 56,76% | Normatização - NO | 26,32% |
| | Normatização - NO | 21,77% | Processos - PR | 20,07% | Processos - PR | 16,98% |
| | Processos - PR | 11,71% | | | Responsabilidade - RE | 34,93% |
| | 55,45% | 25,46% | 19,09% | | | |
| Service 9,14% | Compatibilidade - CT | 38,74% | Compatibilidade - CT | 47,01% | Competências - CP | 15,71% |
| | Informação - IF | 61,26% | Integração - IT | 38,72% | Estrutura Empresarial - EE | 26,96% |
| | | | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 14,27% | Informação - IF | 40,79% |
| | | | | | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 16,55% |
| | 18,32% | 27,91% | 53,78% | | | |
| Data 36,66% | Compatibilidade - CT | 9,99% | Compatibilidade - CT | 13,13% | Compatibilidade - CT | 18,89% |
| | Comunicação - CM | 28,21% | Comunicação - CM | 25,97% | Informação - IF | 51,95% |
| | Informação - IF | 46,22% | Informação - IF | 48,61% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 29,16% |
| | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 15,58% | Tecnologia da Info./Comunic. - TIC | 12,69% | | |
| | 27,67% | 51,17% | 21,16% | | | |

Figura 121 – quadro resumo referentes as preocupações, preocupações x barreiras e dos atributos para a interoperabilidade organizacional, área intra-organizacional “B”.

Fonte: O autor, 2018.

7.2.2.3 Análise de compatibilidade para a interoperabilidade das áreas intra-organizacionais “A” e “B”

No contexto de um sistema de gestão da energia, os critérios da estrutura AHP, referentes às preocupações da interoperabilidade, dizem respeito a uma visão gerencial da entidade. Por estar no topo de uma estrutura “de baixo para cima” (*bottom-up*), essa visão representa, de certa forma, um “nível de maturidade” da estrutura de diagnóstico (objetivo 1 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional).

Os subcritérios referentes às barreiras da interoperabilidade dizem respeito a uma visão tática do objetivo do diagnóstico (objetivo 2 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional). Nesse nível, pode-se analisar o desempenho da organização em função dos aspectos da interoperabilidade, considerando as três barreiras dentro de cada uma das preocupações da interoperabilidade.

Por fim, as alternativas referentes aos atributos da interoperabilidade representam uma visão operacional do objetivo do diagnóstico (objetivo 3 do diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional). Nesse nível, definem-se os posicionamentos mais granulares da análise, relacionados aos níveis de atenção recebidos por cada atributo. Conforme disposto no capítulo 6, os atributos estão diretamente relacionados às barreiras organizacionais, à adoção de sistemas de gestão da energia, assim, esta análise serve de suporte para a proposição de ações de melhoria, objetivando a melhoria da interoperabilidade no SGE.

A Figura 122 ilustra a sobreposição dos resultados obtidos para os níveis de atenção/foco dados pela organização às preocupações da interoperabilidade nas visões das áreas intra-organizacionais “A” e “B”.

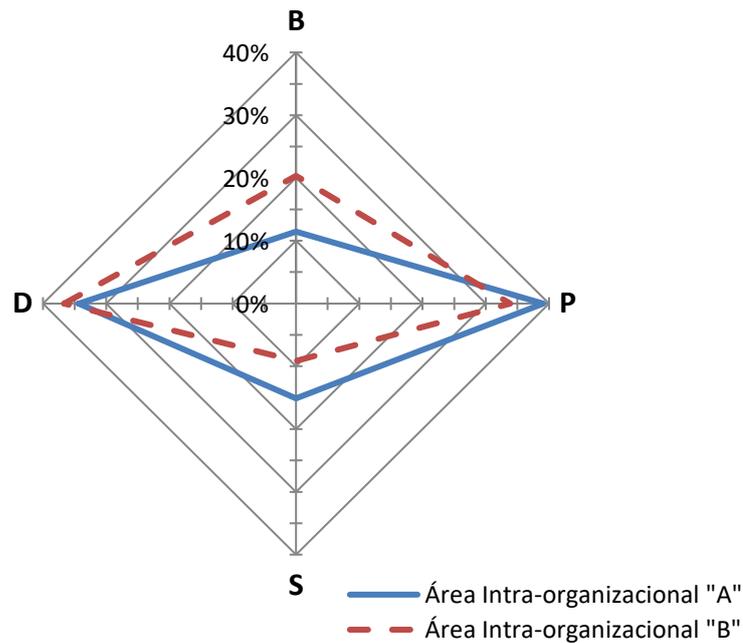


Figura 122 - Comparativo das Macro Perspectivas da Interoperabilidade
 Fonte: O autor, 2018.

Comparando as perspectivas das duas áreas intra-organizacionais sob análise a respeito das preocupações da interoperabilidade disposta na Figura 122, na visão da área intra-organizacional utilidades “B” a preocupação *Business* recebeu maior atenção por parte da organização que na visão da área intra-organizacional utilidades “A”. Em contrapartida, na visão da área intra-organizacional utilidades “A”, a preocupação *Service* recebeu maior atenção por parte da organização que na visão da área intra-organizacional utilidades “B”. Isso pode ser justificado pelas diferenças de atribuições existentes entre tais áreas, uma vez que a área intra-organizacional utilidades “B”, por ser responsável pelos sistemas de calor, vapor, ar comprimido, combustíveis e tratamento de efluentes, deve cooperar com maior frequência e/ou intensidade com organizações internas e/ou externas, enquanto a área intra-organizacional utilidades “A” possui atribuições relacionadas apenas a sistemas elétricos, mesmo que concebidos e implementados de maneira independente, conceito diretamente ligado à interoperabilidade de serviços.

As Figuras 123, 124, 125 e 126 ilustram a sobreposição dos resultados obtidos para os níveis de atenção/foco dados pela organização às barreiras da interoperabilidade nas visões das áreas intra-organizacionais “A” e “B”.

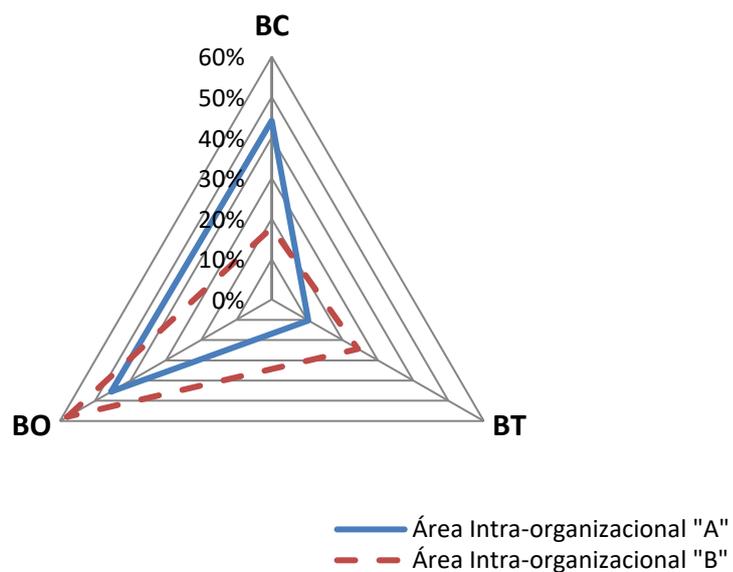


Figura 123 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação *Business*.

Fonte: O autor, 2018.

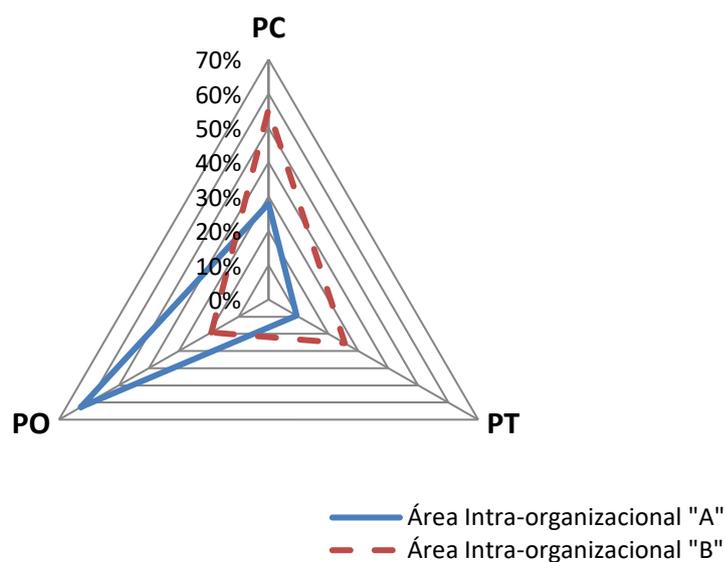


Figura 124 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação *Process*

Fonte: O autor, 2018.

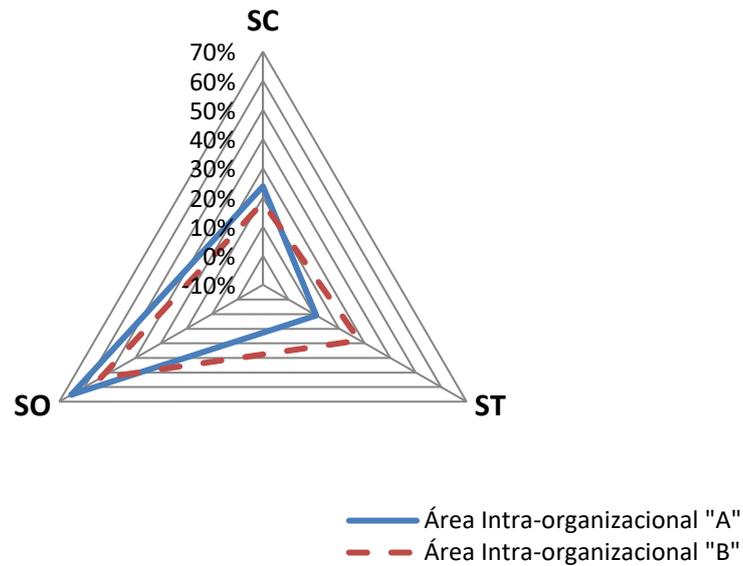


Figura 125 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação *Service*
Fonte: O autor, 2018.

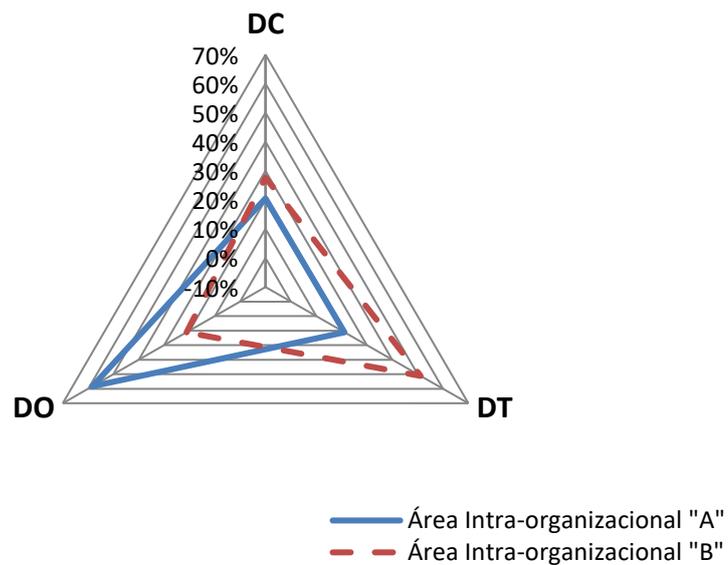


Figura 126 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados às Barreiras da Interoperabilidade com Relação à Preocupação *Data*
Fonte: O autor, 2018.

A Figura 126 ilustra a sobreposição dos resultados obtidos para os níveis ponderados de atenção/foco dados pela organização às barreiras da interoperabilidade nas visões das áreas intra-organizacionais "A" e "B".

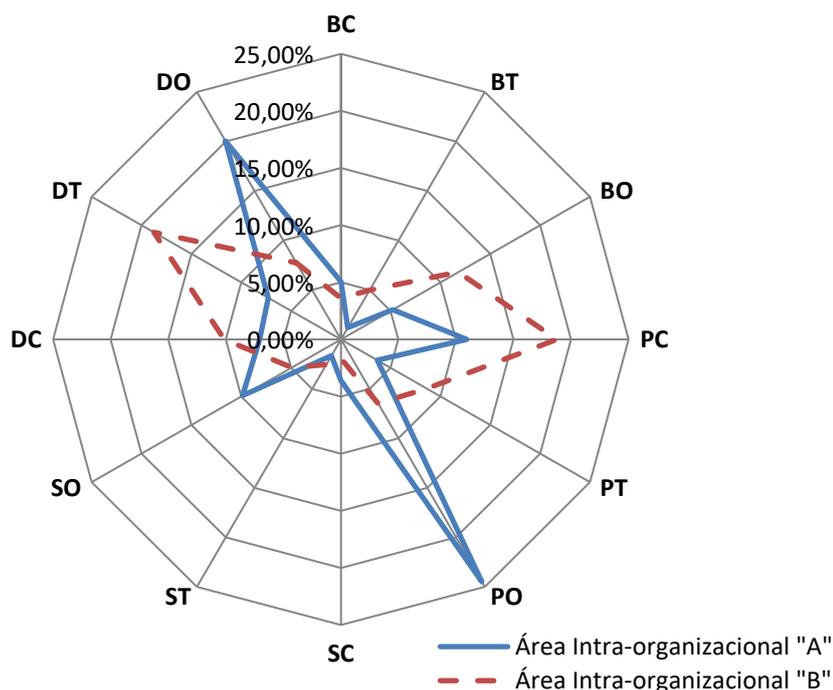


Figura 127 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados aos Quadrantes da Interoperabilidade.
Fonte: O autor, 2018.

Comparando as perspectivas das duas áreas intra-organizacionais a respeito das barreiras (quadrantes) da interoperabilidade na visão da área intra-organizacional utilidades “A” as barreiras *Process x Organizational* e *Data x Organizational* recebem atenções maiores por parte da organização do que é percebido pela área intra-organizacional utilidades “B”. O fato da área intra-organizacional utilidades “A” dar maior prioridade às barreiras relacionadas a aspectos organizacionais da interoperabilidade denota uma maior preocupação com atribuições de autoridade e responsabilidade nas atividades desenvolvidas nessa área. Isso pode ser explicado pelo fato de que o gerente responsável pela área de utilidades da indústria analisada faz parte da área intra-organizacional utilidades “A”, estabelecendo com maior clareza as fronteiras das responsabilidades para os processos de negócios e operações de conjuntos de dados.

Além disso, na visão da área intra-organizacional utilidades “B”, a barreira *Data x Technological* recebe maior atenção por parte da organização do que é percebido pela área intra-organizacional utilidades “A”. Mais uma vez isso se justifica pela pluralidade de atividades desenvolvidas pela área intra-organizacional utilidades

“B”, que constantemente opera diferentes tecnologias, modelos de dados e *software* em conjunto.

A Figura 127 ilustra a sobreposição dos resultados obtidos para os níveis ponderados de atenção/foco dados pela organização aos atributos da interoperabilidade nas visões das áreas intra-organizacionais utilidades “A” e “B”.

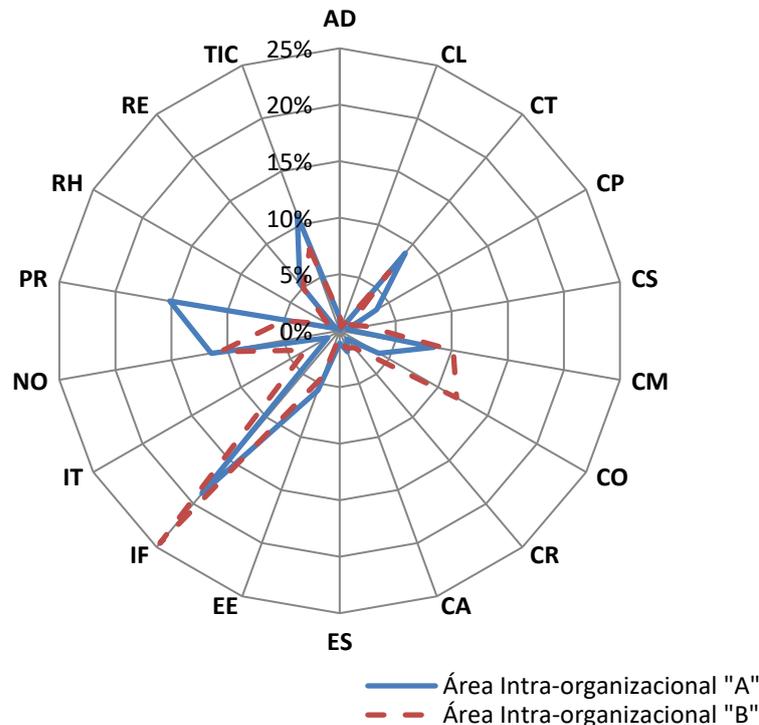


Figura 128 - Comparativo dos Níveis de Atenção/Foco dados aos Atributos da Interoperabilidade do SGE.

Fonte: O autor, 2018.

Comparando as perspectivas das duas áreas intra-organizacionais a respeito dos atributos da interoperabilidade, conforme ilustrado na Figura 128, verifica-se que, na visão de ambas, as áreas intra-organizacionais, o atributo que recebe maior atenção por parte da organização é IF (Informação), atributo relacionado à capacidade de intercambialidade de conteúdos sobre o SGE entre os órgãos internos da organização, de forma a estabelecer vantagens competitivas e melhorias no desempenho energético da empresa. No que tange às barreiras organizacionais, a grande atenção despendida com o atributo informação revela que a organização possui grande entendimento de como criar apoio para projetos de eficiência energética.

De maneira geral, os atributos que, na visão das áreas intra-organizacionais “A” e “B”, recebem menor atenção por parte da organização são: Adaptabilidade (AD),

Colaboração (CL), Estratégia (ES) e Recursos Humanos (RH). A insuficiência de atenção dedicada a tais atributos está relacionada às barreiras organizacionais, a adoção e condução de sistemas de gestão da energia, identificadas durante a revisão da literatura, conforme mostrado na Tabela 58.

Tabela 58 - Atributos que recebem Menores Níveis de Atenção por Parte da Organização (na Visão das Áreas Intra-Organizacionais Analisadas)

| Atributo | Níveis atenção dedicados pelas áreas intra-organizacionais (%) | | Barreira organizacional relacionada |
|-----------------------|--|----------------|--|
| | Utilidades "A" | Utilidades "B" | |
| Adaptabilidade (AD) | 1,145 | 1,412 | Inércia organizacional para mudança da situação vigente |
| Colaboração (CL) | 0,059 | 0,333 | Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa |
| | | | Falta de compartilhamento de objetivos Falta de sinergia entre as partes interessadas |
| Estratégia (ES) | 1,085 | 0,488 | Ausência de uma estratégia energética de longo prazo |
| Recursos Humanos (RH) | 0,385 | 1,194 | Recursos Humanos com conhecimento e treinamento inadequado são uma barreira potencial para implementação de um SGE |

Fonte: O Autor, 2018.

A análise da Tabela 58 permite verificar quais as principais barreiras a serem superadas pela organização para melhorar a interoperabilidade no SGE.

Na visão da área intra-organizacional utilidades "A", RH (Recursos Humanos) é o atributo que recebe menor atenção por parte da organização. Isso denota certa dificuldade, aos olhos dos representantes, desta área intra-organizacional, no estabelecimento de objetivos, metas e planos de ação para o SGE. Além disso, pouca atenção dedicada a aspectos de recursos humanos denota dificuldades em repassar conhecimentos e conduzir treinamentos a fim de facilitar as relações de interoperabilidade, uma das potenciais barreiras organizacionais à manutenção do SGE.

Na visão da área intra-organizacional utilidades "B", ES (Estratégia) é o atributo que recebe menor atenção por parte da organização, o que pode indicar deficiências no planejamento e gerenciamento comum dos procedimentos de

atividades do SGE, justificado pela pluralidade de atividades desempenhadas por esta área intra-organizacional.

Os atributos que apresentam maior variância quanto à comparação entre os níveis de atenção recebidos por parte da organização, nas visões das áreas intra-organizacionais utilidades “A” e “B”, são PR (Processos) e CO (Controle de Operações).

O comparativo das diferentes visões acerca dos níveis de atenção dados pela organização ao atributo Processos indica que a área intra-organizacional utilidades “A” possui maior facilidade para documentar as atividades do SGE, bem como definir autoridades e responsabilidades para as tarefas realizadas por esta área intra-organizacional. Por outro lado, com relação ao atributo Controle de Operações, percebido como mais relevante pela área intra-organizacional utilidades “B”, indica uma maior preocupação com o planejamento de operações do SGE, atributo diretamente relacionado às funções desempenhadas por esta área intra-organizacional utilidades, responsável por atender a organização com insumos energéticos e pelo abastecimento de bens e serviços.

7.2.3 Relatório do diagnóstico da empresa Petroquímica

Um diagnóstico da interoperabilidade organizacional na gestão da energia da indústria energo-intensiva aplicou-se em uma empresa petroquímica. O diagnóstico foi realizado entre duas áreas intra-organizacionais designadas utilidades “A” e utilidades “B”, subordinadas a uma divisão de engenharia com o objetivo de mensurar a compatibilidade da interoperabilidade no sistema de gestão da energia em funcionamento.

O diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional (DIOGEI) é operacionalizado pela aplicação de um documento de avaliação (questionário), composto por três etapas, contendo comparações em pares referentes aos três níveis hierárquicos da estrutura AHP - preocupações, preocupações X barreiras (quadrantes) e atributos da interoperabilidade no domínio da GE na IEI. A avaliação da compatibilidade entre as áreas intra-organizacionais é efetivada pela análise das prioridades atribuídas pelos participantes das duas áreas intra-organizacionais quanto aos critérios, subcritérios e alternativas da estrutura hierárquica do método AHP.

Os resultados mostram que com relação ao objetivo do diagnóstico no nível gerencial, na visão da área intra-organizacional utilidades “A”, a preocupação *Process* é a que recebe a maior atenção por parte da organização. Por outro lado, na visão da área intra-organizacional utilidades “B”, a preocupação *Data* é a que recebe a maior atenção por parte da organização.

Com relação ao objetivo do diagnóstico na visão tática, os resultados apontam que entre as preocupações X barreiras (quadrantes) da interoperabilidade, na visão da área intra-organizacional utilidades “A”, os quadrantes PO (*Process x Organizational*) e DO (*Data x Organizational*) são os que recebem maiores atenções por parte da organização. Por outro lado, na visão da área intra-organizacional utilidades “B”, os quadrantes PC (*Process x Conceptual*) e DT (*Data x Technological*) são os que recebem maiores atenções por parte da organização.

Quanto ao objetivo do diagnóstico na visão operacional, os resultados permitem verificar que na visão de ambas as áreas intra-organizacionais, o atributo IF (Informação) é o que recebe o maior nível de atenção por parte da organização, o que está relacionado a um bom entendimento de como criar apoio para um SGE bem sucedido. Além disso, as duas áreas intra-organizacionais em estudo mostram que os atributos NO (normatização), CM (comunicação), CT (compatibilidade) e TIC (tecnologia da informação / comunicação) também recebem grande atenção por parte da organização. A atenção despendida ao atributo normatização está relacionada ao fato da organização possuir um SGE em funcionamento, amparado na norma ISO 50001. Constata-se que os níveis elevados de atenção registrados para os atributos comunicação e compatibilidade facilitam as relações de interoperação no SGE, conduzindo a uma troca de informações e a uma operação conjunta entre as duas áreas intra-organizacionais avaliadas. Também é relevante destacar que, em função do elevado número de informações e dados inerentes ao SGE, os acentuados níveis de atenção devotados ao atributo tecnologia da informação / comunicação indicam que a infraestrutura de tecnologia da organização é apropriada para conduzir o SGE com eficiência.

O atributo PR (processos) recebe um nível de atenção expressivamente maior na visão da área intra-organizacional utilidades “A” quando comparado à perspectiva da área intra-organizacional utilidades “B”. Isso indica que a área intra-organizacional “A”, responsável pela gestão dos sistemas relacionados ao suprimento de energia

elétrica, possui uma visão clara das ações e medidas a serem tomadas a fim de atingir os objetivos do SGE.

O atributo CO (controle de operações) recebe um nível de atenção expressivamente maior na visão da área intra-organizacional utilidades "B" quando comparado à perspectiva da área intra-organizacional utilidades "A". Isso pode ser explicado pelo fato da área intra-organizacional utilidades "B" ser responsável pela gestão dos sistemas de calor, vapor, ar comprimido e combustíveis, de forma que o controle das operações torna-se mais relevante a esta área e indispensável para atingir os objetivos da organização e para a interoperação no SGE.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as conclusões finais e recomendações extraídas do estudo realizado. As considerações finais refletem o confronto e análise dos dados obtidos na pesquisa de campo com a revisão teórica, o desenvolvimento do trabalho e os objetivos definidos para a pesquisa.

Também são apresentadas as limitações do trabalho de pesquisa e formuladas sugestões para trabalhos futuros relacionados aos objetivos desta pesquisa.

8.1 CONCLUSÕES

8.1.1 Verificação dos objetivos da pesquisa

O objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver um estudo sobre a GE em IEI através das perspectivas da engenharia organizacional e da interoperabilidade. Os objetivos específicos propostos para a pesquisa são discutidos a seguir.

- **OE1. “Realizar uma revisão sistemática da literatura com definição de um portfólio bibliográfico e exploração do conteúdo”:**
O primeiro objetivo foi alcançado pela aplicação do método estruturado de revisão da literatura *Knowledge Development Process - Constructivist* (ProKnow-C). Em uma exaustiva RSL, abrangendo um universo inicial de 14072 artigos dispostos em bases de dados da literatura científica, foi selecionado um portfólio bibliográfico de 42 artigos científicos considerados como os mais influentes e importantes nessa área de pesquisa. A análise bibliográfica identificou periódicos, artigos, autores, palavras-chave e a rede de co-citação dos autores. A exploração de conteúdo destacou práticas de GE, a publicação de normas nacionais e internacionais de SGE, avanços tecnológicos em EE/economia de energia e obstáculos na forma de barreiras a uma bem-sucedida GE. Constatou-se uma lacuna de pesquisa relacionada a aspectos organizacionais da GE na indústria e que as práticas de GE podem ser estabelecidas na forma de ações técnicas e gerenciais;
- **OE2. “Propor um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas para um sistema de gestão da energia em indústrias energo-intensivas**

e realizar um estudo *Delphi* para referendo”: O segundo objetivo foi alcançado pela proposição de um conjunto de ações técnicas e gerenciais fundamentado em normas nacionais e internacionais de GE e boas práticas utilizadas na indústria e descritas na literatura científica. Posteriormente, o método *Delphi* foi aplicado com o objetivo de refinar, referendar e obter consenso sobre as ações técnicas e gerenciais recomendadas para a prática da GE na IEI. O estudo foi conduzido com quatorze especialistas detentores de grande experiência nas áreas da indústria, ensino e pesquisa. Foram previstas duas rodadas para o estudo *Delphi*, nas quais os especialistas foram solicitados a avaliar seu nível de concordância com as ações técnicas e gerenciais propostas de acordo com a escala Likert. O grau de concordância das respostas dos especialistas foi avaliado pela utilização da *Inter Rater Reliability* (IRR). O estudo *Delphi* demonstrou que o conjunto de ações técnicas e gerais, recomendadas em proposição, obteve parecer favorável dos especialistas, atestando a pertinência e relevância de sua aplicabilidade para contribuir com a criação, organização e condução de um SGE na indústria.

- **OE3. “Desenvolver uma concepção de processo para um sistema de gestão da energia na indústria, apresentando um *framework* para suportar o entendimento”**: O terceiro objetivo foi alcançado pela proposição de uma concepção de processo para o SGE em uma abordagem de engenharia organizacional, conforme a disciplina gerencial designada gerenciamento de processos de negócios, que está fundamentada na norma ISO 50001 e em boas práticas de GE utilizadas na indústria. A concepção de processo foi estabelecida na forma de uma descrição envolvendo as etapas do ciclo PDCA e de um macroprocesso na disposição de um macro fluxograma horizontal. A concepção de processo do SGE permitiu estabelecer os atores e áreas funcionais envolvidas, os papéis, responsabilidades e o fluxo das atividades. Para melhor suporte e entendimento do desenho do processo, foi elaborado um *framework* conceitual ambientado no ciclo PDCA.
- **OE4. “Elaborar um mapa conceitual para apoiar o entendimento de uma concepção de processo para um sistema de gestão da energia na indústria”**: O quarto objetivo foi alcançado pela elaboração de um mapa

conceitual, objetivando apoiar (representar) o entendimento sobre uma proposição de processo para um SGE na IEI de forma clara (conceitual e visualmente), ordenada, unificada, harmoniosa e com equilíbrio na distribuição de seus elementos. O mapa conceitual foi moldado de forma a atender aos principais requisitos previstos na norma NBR ISO 50001, apresentando as ações e atribuições dos atores envolvidos no SGE de acordo com o ciclo PDCA, seguindo um encadeamento lógico, tendo como critérios para a ordem de apresentação o nível de importância de cada ação para o SGE (maior peso) e a ordem cronológica de precedência das ações (menor peso). O mapeamento do domínio da GE na IEI funciona como um passo inicial na criação de uma ontologia para esta área de conhecimento;

- **OE5. “Propor e modelar sob uma abordagem de gestão por processos de negócios, o processo chave designado de RE na notação BPMN”:** O quinto objetivo foi alcançado ao se mapear e descrever o processo chave da RE na notação BPMN, tendo como ferramenta de apoio o diagrama SIPOC. A modelagem do processo da RE permitiu desenhar um novo processo, descrever requisitos para automação, facilitar comunicação e discussão, avaliar padrões e conformidades e simular diferentes situações. Este encadeamento facilitará a coordenação interna, a transparência das atividades envolvidas no processo e auxiliará a tomada de decisão sobre os assuntos relacionados à GE;
- **OE6. “Desenvolver um modelo de avaliação da interoperabilidade organizacional da gestão da energia na indústria, identificando ferramentas de decisão multicritério apropriadas”:** Desenvolveu-se um modelo de avaliação da interoperabilidade para a gestão da energia na indústria, com o interesse de estudar a interoperabilidade organizacional, para contribuir em minimizar ou remover as barreiras organizacionais que impedem uma bem sucedida gestão da energia na indústria energo-intensiva. Assim sendo, devido ao conhecimento recente e ainda incipiente no ambiente industrial do tema da interoperabilidade definiu-se, pelo interesse da pesquisa, em realizar uma avaliação da interoperabilidade tal que possa mensurar a compatibilidade em uma aplicação a posteriori, com parceiro conhecido, e em

um escopo intra-organizacional. O objetivo principal do modelo é definir um método formal e organizado para realizar um diagnóstico organizacional em áreas internas de uma indústria. Com o estudo da interligação dos domínios da GE na IEI e da interoperabilidade organizacional, pode ser estabelecida a extração, categorização e definição dos atributos da interoperabilidade em um SGE. A fim de categorizar os atributos em uma estrutura multicritério para tomada de decisão, foi desenvolvida a matriz de influência da interoperabilidade (MII) em uma adaptação da metodologia QFD, com base nos requisitos estruturais do método de decisão multicritério AHP. Tais requisitos foram utilizados para desenvolver um documento de avaliação (questionário) que permite fornecer uma medida da compatibilidade entre os órgãos internos da empresa (intra-organizacional). Nesta situação, foi criado o Modelo para Avaliação da Interoperabilidade da GE na IEI (MAIGEI), que visa diagnosticar a compatibilidade para interoperabilidade de um SGE entre áreas internas de uma indústria, atendendo assim, o sexto objetivo proposto na pesquisa.

- **OE7. “Explorar a aplicação de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas e das diretrizes da engenharia organizacional para avaliar o potencial organizacional de implantação de um SGE em indústrias energo-intensivas através de um estudo de caso”:** As diretrizes da engenharia organizacional e as ações técnicas e gerenciais recomendadas para um SGE foram aplicadas em um diagnóstico organizacional de uma empresa industrial do ramo de papel e celulose sediada na região sul do Brasil, ainda sem um sistema de gestão da energia implantado. O trabalho de campo amparado em um protocolo de pesquisa empregou a metodologia de um estudo de caso e da pesquisa-ação com o uso das folhas-tarefas preconizadas pelo *Cambridge process approach*. Os estudos desenvolveram-se com quatro funcionários desempenhando funções de Diretor, gestor energético representante da engenharia e representante da manutenção conforme a concepção do SGE. Foram empregadas múltiplas fontes de evidência (entrevista, *survey*, documentação e observação). Os resultados apontam para a factibilidade, usabilidade e utilidade do procedimento de avaliação adotado. A empresa avaliada demonstrou potencial organizacional

apropriado para estruturar adequadamente bem a concepção de processo proposta para o SGE e ter um funcionamento que permite uma bem-sucedida gestão da energia. Assim o sétimo objetivo foi alcançado.

- **OE8. “Explorar a aplicação de um modelo de avaliação da interoperabilidade em um sistema de gestão da energia de indústrias energo-intensivas para avaliar o potencial de interoperabilidade intra-organizacional”:** O oitavo e último objetivo foi alcançado em uma atividade de pesquisa de campo, amparada pelo protocolo de pesquisa, com a aplicação do modelo MAIGEI em uma empresa multinacional petroquímica detentora da certificação ISO 50001 sediada no Paraná. A avaliação da interoperabilidade organizacional é aplicada através de um diagnóstico da interoperabilidade intra-organizacional da gestão da energia na indústria – DIOGEI – operacionalizado pela aplicação de um documento de avaliação (questionário). O DIOGEI foi aplicado entre duas áreas intra-organizacionais designadas utilidades “A” e utilidades “B”, subordinadas a uma divisão de engenharia, objetivando mensurar a compatibilidade da interoperabilidade no sistema de gestão da energia em funcionamento. Os resultados permitem verificar os níveis de atenção dedicados pela organização às visões gerencial (preocupações da interoperabilidade), tática (barreiras da interoperabilidade) e operacional (atributos da interoperabilidade) do SGE. O DIOGEI mostrou-se utilizável para a avaliação da interoperabilidade organizacional.

8.1.2 Verificação das diretrizes formuladas

A análise dos dados apurados demonstrou que as diretrizes I, II, III e IV (quase-hipóteses) formuladas e descritas abaixo foram confirmadas:

- **Diretriz (I). “Um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas contribuem para criar, organizar e conduzir um sistema de gestão da energia na indústria de uso intensivo de energia”:** O conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas proposto está fundamentado em normas nacionais e internacionais de GE e boas práticas utilizadas na indústria, sendo referendado por especialistas em um estudo *Delphi*. Posteriormente, foram

aplicadas em um diagnóstico organizacional de uma indústria a fim de avaliar o potencial organizacional para implantar um SGE. Os resultados mostraram sua aplicabilidade em contribuir para criar, organizar, conduzir e diagnosticar um SGE.

- **Diretriz (II). “A concepção de processo para um sistema de gestão da energia na indústria, adotando a disciplina gerencial BPM, contribui para a gestão da energia na indústria de uso intensivo de energia”:** Foi proposta uma concepção de processo para o SGE e avaliada sua aplicabilidade através de um diagnóstico realizado em uma indústria de papel e celulose. O diagnóstico avaliou o potencial de uma indústria para implantar uma concepção de processo para o SGE, mostrando sua contribuição para criar um sistema de gestão da energia na IEI.
- **Diretriz (III). “A aplicação de diretrizes da engenharia organizacional para avaliar o potencial organizacional de uma empresa contribui para a melhoria do sistema de gestão da energia na indústria energo-intensiva”:** As diretrizes da engenharia organizacional para um SGE foram aplicadas na forma de um guia para um diagnóstico organizacional de uma empresa do ramo de papel e celulose sediada na região sul do Brasil. Os resultados apontam para a usabilidade e utilidade do procedimento adotado, sendo que a empresa avaliada demonstrou potencial organizacional apropriado e compatível para implementar a concepção de processo, proposta para um SGE.
- **Diretriz (IV). “A aplicação de um modelo para avaliação da interoperabilidade organizacional baseado em análise multicritério contribui para a melhoria da gestão da energia na indústria energo-intensiva”:** A aplicação do modelo proposto (MAIGEI) permitiu a realização de um diagnóstico de interoperabilidade sobre o posicionamento atual da organização quanto aos aspectos da interoperabilidade para a GE. O diagnóstico fornece uma medida da compatibilidade entre os órgãos internos da empresa para a interoperabilidade de

um SGE, o que auxilia na identificação de eventuais necessidades de ajustes e melhorias em SGE implantados.

8.1.3 Verificação das questões de pesquisa

- **QP1. “Quais são as práticas de gestão da energia utilizadas pela indústria energo-intensiva?”** A primeira questão de pesquisa foi respondida através da identificação das práticas de gestão da energia na forma de ações técnicas e gerenciais e da formulação de um conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas.
- **QP2. “Como estudar a gestão da energia na indústria energo-intensiva considerando requisitos de engenharia organizacional?”** A segunda questão de pesquisa foi respondida pela proposição de uma concepção de processo para um SGE e utilização das diretrizes da EO para diagnósticos organizacionais. Os diagnósticos podem ser utilizados para avaliar o potencial de uma empresa, para uma futura implantação de um SGE ou de sistemas já implantados e em funcionamento.
- **QP3. “Como estudar a gestão da energia na indústria energo-intensiva, considerando requisitos de interoperabilidade?”** Um SGE na IEI pode ser estudado considerando os requisitos da interoperabilidade em diagnósticos. Os diagnósticos podem ser medidas de interoperabilidade organizacional, na forma de (i) medição de potencial, (ii) medição de compatibilidade, (iii) medida de desempenho. As medições podem ser realizadas conforme a priori – a parceiro desconhecido ou a posteriori – parceiro conhecido. A interoperabilidade organizacional pode ser verificada entre áreas intra-organizacionais ou organizações externas (fornecedores, parceiros, etc.). Também podem ser estudados modelos de maturidade para a interoperabilidade na SGE.
- **QP4. “Qual a utilidade, factibilidade e usabilidade de um modelo de gestão da energia na indústria energo-intensiva, fundamentado em requisitos de**

engenharia organizacional?”: Um modelo de gestão da energia amparado na disciplina gerencial BPM foi proposto na forma de uma concepção de processo para o SGE na IEI. Através de um diagnóstico aplicado em um estudo de caso verificou-se a utilidade, facilidade e usabilidade do modelo de gestão baseado em engenharia organizacional.

- **QP5. “Quais são os desafios para implantação de um modelo de gestão da energia na indústria energo-intensiva, fundamentado nos requisitos de interoperabilidade?”** Os desafios estão relacionados a uma pequena difusão dos conhecimentos, principalmente na indústria, sobre o tema da interoperabilidade. Os trabalhos sobre modelos de maturidade sobre a gestão da energia estão ainda em fase de consolidação, dificultando avanços sobre modelos de maturidade da interoperabilidade em SGE.
- **QP6. “Em que nível de ‘completude’ ou de implantação o modelo proposto de gestão da energia encontra-se na realidade da indústria energo-intensiva?”** O modelo de GE proposto, fundamentado na norma ISO 50001, encontra-se ainda fracamente implementado no Brasil. Dados publicados pela ISO Internacional mostram que, em países desenvolvidos, há um elevado número de empresas com certificação ISO 50001. A Alemanha é o país que possui o maior número de empresas certificadas (5931), seguida pelo Reino Unido (1464) e França (500), enquanto no Brasil existem apenas 33 empresas certificadas. Esses dados mostram que ainda há um baixo nível de implantação do modelo proposto para o SGE no país.

8.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As limitações apresentadas neste estudo estão relacionadas com os métodos empregados.

No método da revisão sistemática da literatura, o portfólio bibliográfico é composto apenas por artigos publicados em periódicos acadêmicos, cujas bases de dados estão sendo constantemente atualizadas. Essa decisão baseia-se na avaliação de que tais artigos representam a mais importante fonte de evidências na literatura

científica, em virtude dos rigorosos processos de revisão por pares conduzidas pelos periódicos, nos quais os artigos foram publicados. Assim, fontes adicionais como livros, teses de doutorado e documentos de conferências também poderiam fornecer evidências adicionais de transferência de conhecimento.

Devido à complexidade envolvida na análise, algumas áreas intra-organizacionais que participam do processo de GE (ainda que com menor intensidade, como jurídico, contabilidade/financeiro e marketing) não foram consideradas neste trabalho de pesquisa.

Como limitação do método *Delphi* aplicado para referendo do conjunto de ações técnicas e gerenciais recomendadas, destaca-se que mesmo um estudo *Delphi* bem elaborado pode não compreender o conjunto completo de ideias e conceitos referentes ao assunto de interesse, uma vez que os especialistas selecionados para participar do estudo influenciam diretamente os resultados obtidos. A opinião dos especialistas é de fundamental importância para a realização do estudo *Delphi*, porém pode não considerar todos os aspectos necessários para a aplicação prática do modelo desenvolvido.

O procedimento, neste trabalho de pesquisa, o modelo MAIGEI, foi aplicado em somente uma organização: Ha necessidade de realizar novas aplicações entre outras áreas funcionais para comprovar sua efetividade e generalização.

A primeira empresa possui SGE implementado e certificação ISO 50001, enquanto a segunda não possui SGE ou qualquer certificação energética. Isto pode levantar questões relacionadas à aplicabilidade generalizada do modelo. Para que a aplicabilidade do modelo possa ser estendida e generalizada, a condução de mais estudos de caso se faz necessária.

8.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As recomendações para trabalhos futuros estão encaminhadas conforme as abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade, utilizadas para estudar a gestão da energia na IEI.

8.3.1 Abordagem Engenharia Organizacional

- Estender o diagnóstico sobre a concepção de processo para um sistema de gestão da energia a outros tipos de organizações (ramo e porte);
- Desenvolver, mapear e modelar os demais processos previstos para o SGE com o intuito de criar modelos de referência (tais atividades foram efetivadas apenas para a etapa da revisão energética);
- Incorporar no modelo proposto as áreas intra-organizacionais envolvidas, com menor participação no processo de gestão da energia (jurídico, marketing, contabilidade/Financeiro) que não foram consideradas no presente trabalho de pesquisa;
- Criar novos estudos e desenvolvimento para o projeto organizacional de um SGE;
- Realizar múltiplos estudos de caso para aumentar o poder de generalização na avaliação do potencial organizacional de uma empresa, para implantar uma dimensão de processo para o SGE;
- Avaliar efetivamente, em estudos de campo, as práticas de gestão da energia em empresas que já detenham certificação ou autodeclaração;
- Os sistemas eletrônicos de medição e monitoramento (SEMMEs) podem ser utilizados para gerir, além de parâmetros relacionados à energia elétrica, outras utilidades, tais como água, gás, vapor, ar comprimido, óleo diesel, etc., além de parâmetros ambientais e de processos como vazão, temperatura, pressão, emissões de gases e efluentes, permitindo também contribuir com a gestão ambiental;
- Elaboração de uma relação pormenorizada de barreiras organizacionais, oferecendo oportunidades para desenvolvimento de novos trabalhos;
- Aplicar o conjunto de informações sobre oportunidades de eficiência energética nas indústrias de uso intensivo de energia (cimento, ferro, aço, papel e celulose, petroquímica, química, alumínio e vidro) desenvolvidas neste trabalho, para aplicar em estudos de campo, com o fim de observar situações reais e o estágio de implantação nas instalações das indústrias no Brasil;

- Prosseguir com estudos sobre a aplicação das ações técnicas e gerenciais recomendadas para o SGE, estudando os efeitos da abordagem sistêmica *HTO Human, Technological and Organizational*

8.3.2 Abordagem Interoperabilidade

- Estender o modelo proposto MAIGEI de forma a permitir a avaliação do nível de compatibilidade para a interoperabilidade de áreas externas à organização, envolvidas no processo de gestão da energia (ESCO, comercializadora de energia elétrica, concessionárias de gás e energia, entre outros).
- Desenvolver modelos de maturidade para a gestão da energia e para a interoperabilidade da gestão da energia envolvendo capacidades.
- Desenvolver mensurações de interoperabilidade potencial e de desempenho para a gestão da energia nas indústrias.

8.4 COMENTÁRIOS FINAIS

O trabalho de pesquisa realizado, sobre a gestão da energia nas indústrias energo-intensiva, utilizou as abordagens da engenharia organizacional e da interoperabilidade para propor procedimentos e modelos para contribuir em minimizar, superar ou remover as barreiras organizacionais que impedem uma bem sucedida gestão da energia. Os procedimentos e modelos desenvolvidos e propostos na tese foram aplicados em pesquisa de campo, mostrando serem úteis, factíveis e aplicáveis.

REFERÊNCIAS

ABCP. Programa Setorial da Qualidade de Cimento Portland. Associação Brasileira de Cimento Portland - Relatório Setorial de 2016 - Primeiro Semestre, São Paulo, Março, 2016, 15 p.

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Disponível em <http://www.abesco.com.br/pt/>. Consulta em: 11 Agosto, 2017.

ABIQUIM. O Desempenho da Indústria Química Brasileira em 2013. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria Química. 2014, 28 p.

ABM. Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. 2008. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008, 50 p.

ABDELAZIZ, E. A.; SAIDUR, R.; MEKHILEF, S. A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 1, p. 150-168, 2011.

ABNT NBR ISO 14040 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Novembro, 2001.

ABNT NBR ISO 14064. Gases de Efeito Estufa. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Novembro, 2007.

ABNT NBR ISO 9000 - Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Setembro, 2015.

ABNT. NBR ISO 50001:2011 - Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2011.

ABPMP. BPM CBOKTM V3.0 Guide to the Business Process Management Common Body of Knowledge. 2 ed. Brasil: Association of Business Process Management Profissionais Brasil, 2014.

ABRACEEL - Associação Brasileira de Comercializadores de Energia. Mercado Livre de Energia Elétrica: Guia básico para consumidores potencialmente livres e especiais. 2016. p. 15.

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica. Glossário do Setor Elétrico. Available in: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/glossario-do-setor-eletrico>>. Access date: 11/08/2017.

ACEEE (American Council for an Energy-Efficient Economy). 2016. The 2016 International Energy Efficiency Scorecard. Washington, DC.

AFLAKI, S.; KLEINDORFER, P. R.; DE MIERA POLVORINOS, V. S. Finding and Implementing Energy Efficiency Projects in Industrial Facilities. *Production and Operations Management*, v. 22, n. 3, p. 503-517, 2013.

AKAO, Y. Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design, Cambridge, MA, Productivity Press, ISBN 0-915299-41-0. 1990.

ALIAS, M. A., HASHIM, S.Z.M., & SAMSUDIN, S. (2008). Multi Criteria Decision Making and Its Applications: A Literature Review. In Asia-Pacific Journal of Information Technology and Multimedia, *Jurnal Teknologi Maklumat*, Vol. 20, N 2, pp. 129-152.

AMUNDSEN, A. Joint management of energy and environment. *J. Clean. Prod.*, 8 (6), p. 483-494; 2000.

ANSI/MSE 2000:2008. A Management System for Energy, American National Standards Institute. 2008.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição. Disponível em: <<https://goo.gl/breiJd>>. Acesso em: 13 Abril. 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatórios de Geração Distribuída: Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. Disponível em: <<https://goo.gl/B8OtuO>>. Acesso em: 31 maio. 2017.

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2016. Associação Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - Rio de Janeiro, 2016.

ANSI/ASHRAE/IES. Ashrae 90.1 - 2013: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta (CAN), 2013. 174 p. (I-p edition).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 50001:2011 - Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 50002:2014 - Diagnósticos Energéticos - Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS. 2007. VDI Guideline 4602 Part I, Energy Management - Terms and Definitions.

ATES, S. A.; DURAKBASA, N. M. Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey. *Energy*, v. 45, n. 1, p. 81-91, 2011.

ATHENA. Interoperability Framework. *European Integrated Project*, 2005.

AUSUBEL, D. P., et al. Educational Psychology: a Cognitive View. 2 ed. New York: Warbel & Peck, 1978.

BEN - Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia, Brasília. DF, 2015.

BENGURIA, G.; SANTOS, I. SME Maturity, Requirement for interoperability. European Software Institute. 2008.

BERGLUND, M., KARLTUN, J. Human, technological and organizational aspects influencing the production scheduling process. *Int. J. Production Economics* 110, 160-174. 2007.

BERNI, M. D.; BAJAY, S. V.; GORLA, F. D. Oportunidades de eficiência energética para a Indústria: Setor Papel e Celulose. Brasília: CNI, 86 p., 2010.

BIZAGI, Bizagi BPMN Modeler, 2015.

BNDES SETORIAL. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, n. 26, p. 101-138, Setembro, 2007.

BORDINI, G. A. Contribuição para a formalização de um modelo de avaliação de interoperabilidade na cadeia de cuprimentos do setor automotivo. Tese (doutorado); Pontifícia Universidade Católica do Paraná; Curitiba, 2015.

BORGATTI, S.P.; EVERETT, M.G.; FREEMAN, L.C. Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002.

BOYD, G.; DUTROW, E.; TUNNESSEN, W. The evolution of the ENERGY STAR® energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 6, p. 709-715, 2008.

BOYER. E. L. Scholarship reconsidered: priorities of the professoriate. Jossey Bass, p. 160, 1997.

BPMN/OMG. Business Process Modeling Notation (BPMN) Information. 2016. Disponível em: <http://www.bpmn.org>. Acessado em: 02 de julho. 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil, Lei de Eficiência energética. Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 5.163 de 30 de Julho de 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras, 2015. *Available in:* <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. *Acess date:* 12/10/2017.

BRANCO FILHO, G. Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2004.

BRUNKE, J.C.; BLESL, M. Energy conservation measures for the German cement industry and their ability to compensate for rising energy-related production costs. *Journal of Cleaner Production*, v. 82, p. 94-111, 2014.

BRYMAN, A. Research methods and organizations studies. Londres: Unwin Hyman, 1989.

BUNSE, K.; VODICKA, M.; SCHÖNSLEBEN, P.; BRÜLHART, M.; ERNST, F. Integrating energy efficiency performance in production management: gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, ed. 19 (2010), p. 667-679, 2011.

CAGNO, E. et al. A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 19, p. 290-308, 2013.

CAPEHART, W.; TURNER, W.C.; KENNEDY, W.J. *Guide to Energy Management*. ed. 4, The Fairmont Press and Marcel Dekker Inc., 2003.

CAPEL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, "Portal periódico CAPES". Disponível em: <http://www.periodicos.capes.org.br/>. Acesso em: dez. 2016.

CAPOTE, G. *BPM para todos*. Rio de Janeiro: Bookess, 2011.

CESTARI, J. M. A. P. A contribution to interoperability capability diagnosis in public administration domain. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2015.

CHALMETA, R.; CAMPOS, C.; GRANGEL, R. References Architectures for enterprise integration. *The Journal of Systems and Software*, ed. 57, 2010.

CHAN, D. et al. Energy efficiency benchmarking of energy-intensive industries in Taiwan. *Energy Convers Manag*, 77, 216-220, 2014.

CHARALABIDIS, Y. LAMPATHAKI, F. ASKOUNIS, D. Emerging Interoperability Directions in Electronic Government. *Enterprise Interoperability IV*. London: Springer-Verlag, 2010.

CHALARABIDIS, Y.; GIONIS, G.; MORITS, H. K.; MARTINEZ, C. (2008). *Enterprise Interoperability Research Roadmap, Draft Version 5.0*, 2008. Disponível em: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/enet/ei-roadmap-5-0-draft_en.pdf . [acessado em 17 de Janeiro 2014].

CHEN, D.; DOUMEINGTS, G.; VERNADAT, F. Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, ed. 59, 2008.

CHEN, D.; DOUMEINGTS, G. European initiatives to develop interoperability of enterprise applications-basic concepts, framework and roadmap. *Annual Reviews in Control*, ed. 27, 2003.

CHEN, D.; DACLIN, N. Framework for enterprise interoperability, *IFAC TC 5.3 workshop EI2NO6*, 2005.

CHEN, D. Enterprise Interoperability Methodology. *Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software*, 2006.

CHEN, D.; VERNADAT, F. Standards on interprise integration and engineering - State of the art. *Computer Integrated Manufacturing*, vol. 17, n. 3, 2002.

CHEN, D., & SHORTER, D. Framework for Manufacturing Process Interoperability - CEN/ISO 11354, Standardisation workshop in conjunction to IESA, Berlin, 2008.

CHENG, L. C. QFD em desenvolvimento de produto: Características Metodológicas e um guia para intervenção. *Revista Produção Online*. ISSN 1676 - 1901 / Vol. 3/ Num. 2/ Junho de 2003, Florianópolis.

CHOATE, W.T. Energy and Emission Reduction Opportunities for the Cement Industry. *Industrial Efficiency Technology Database*, Columbia, 2003, 55 p.

CHIU, T.; LO, S.; TSAI, Y. Establishing na Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy. *Energies*, vol. 5, 5324-5339, 2012.

CHRISTOFFERSEN, L. B.; LARSEN, A.; TOGEBY, M. Empirical analysis of energy management in Danish industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, 516-526, 2006.

CLARK, T. JONES, R. Organizational Interoperability Maturity Model for C2. University Camberra, 1999.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. Eficiência Energética na Indústria: O que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional. Unidade de Competitividade Industrial - COMPI, Brasília, 2009.

CMAPTOOLS: A Knowledge Modeling and Sharing Environment, A. J. Cañas, G. Hill, R. Carff, N. Suri, J. Lott, G. Gómez, T. Eskridge, M. Arroyo, R. Carvajal, in *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain (September 14-17, 2004), Editorial Universidad Pública de Navarra.

CORNU, Clémentine; CHAPURLAT, Vincent; QUIOT, Jean-Marc; IRIGOIN, François. Customizable Interoperability Assessment Methodology to support technical processes deployment in large companies. *Annual Reviews in Control*, 2012.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. Designing and conducting mixed method research. Londres; Sage, 2006.

CDF. Super decisions software (2013). Creative Decisions Foundation. Disponível em: <https://www.superdecisions.com/>. Acesso em: janeiro de 2018.

C4ISR (Interoperability Working Group) Levels of information systems interoperability (LISI), Tech. report, US Department of Defense, Washington, DC, 1998.

DACLIN, N. CHEN, D. VALLESPIR B. A Methodology to develop interoperability of interprose applications. INCOM'2006: 12th IFAC/IFIP/IFORS/IEEE/IMS Symposium

Information Control Problems in Manufacturing. Saint-Etienne, France, May 17-19, 2006.

DAFT, R.L. Teoria e Projetos das Organizações. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC editora: 1999.

DANIELLOU, F. Epistemological issues about ergonomics and human factors. In Karwowski, W. (Ed.), International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, Part 1, 43-46. London: Taylor & Francis, 2001.

DIN EN 16001: Energy Management Systems in Practice-A Guide for Companies and Organizations, 2009.

DECANIO, S. J. The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments. Energy Policy, v. 26, n. 5, p. 441-454, 1997.

DESCHAMPS, F. Proposta de sistematização de contribuições em engenharia de organizações: Diretrizes para iniciativas de engenharia de organizações. Tese (Doutorado) - PPGEPS, PUCPR, Curitiba, 2013.

DESCHAMPS, F.; PINHEIRO DE LIMA, E.; ROCHA LOURES, E.F.; SANTOS, E.A.P. Characterization of process related models for enterprise engineering. Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2012.

DOE. Energy Star Program. Disponível em:
<https://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_history>. Acesso em:
11/10/2017.

DOBES, V. New tool for promotion of energy management and cleaner production on no cure, no pay basis. Journal of Cleaner Production, v. 39, p. 255-264, 2012.

ECCLESTON, C.H.; March, F.; Cohen T. Inside energy: Developing and managing an ISO 50001 energy management system CRC Press, US (2011)

ELDRANDALY, K.; AHMED, A. H.; & AZIZ, N.A. An Expert System for Choosing the Suitable MCDM Method for Solving a Spatial Decision Problem. In Proceedings of the 9th International Conference on Production Engineering, Design and Control, Alexandria – Egypt, 2009.

EKLUND, J. (2003). An extended framework for humans, technology and organization in interaction. In Luczak, H. & Zink, K. J. (Eds.), Human Factors in Organizational Design and Management - VII. Re- Designing Work and Macroergonomics – Future Perspectives and Challenges. IEA Press, Santa Monica, California, 47-54. 2003.

EISENHARDT, K.M., Building Theories from Case Study Research. Academy of Management Review, v. 14, n. 4, 1989.

EIF. “European Interoperability Framework” white paper - ICT Industry Recommendations, 2004. <http://www.comptia.org>.

EIF. "European Interoperability Framework" white paper for ISA – for European public services, 2010. Disponível em http://www.ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf. Acesso em 15/09/2013.

ENERGY STAR. Energy Star Guidelines for Energy Management, 2017.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. Processo de Seleção de Portfólio Bibliográfico. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

ENSSLIN, L.; VIANA, W.B. The qualitative research design in Production Engineering - epistemological questions. *Produção on line*, v.8, n.1, 2008.

EPE. Balanço Energético Nacional 2015: Empresa de Pesquisa Energética .Ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.

FANG, W. S.; MILLER, S. M.; YEH, C. C. The Effects os ESCOs on Energy Use. *Energy Policy*, ed. 51 (2012), p. 558-568, 2012.

FAWKES, S.; OUNG, K.; THORPE, D. Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement - An Introduction for Policy Makers. Copenhagen: UNEP DTU Partnership, 2016. 171p.

FERNANDES, C. H. Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social – um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão – "MACBETH". Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 1996.

FLEITER, T. et al. The characteristics of energy-efficiency measures - a neglected dimension. *Energy Policy*, ed. 51, p. 502-513, 2012.

FLEITER, T.; WORRELL, E.; EICHHAMMER, W. Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 3099-3111, 2011.

GALBRAITH, J. R. Designing organizations: an executive briefing on strategy, structure, and process. San Francisco: Jossey-Bass, 1995.

GAUTO, M. Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino. Porto Alegre: Bookman, 2016. 246 p.

GIACONE, E.; MANCÒ, S. Energy efficiency measurement in industrial processes. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 331-345, 2012.

GOMES, E.; ALENCAR, M, C. Índice de produção ponderado de atividades de bibliotecas: uma abordagem multicriterial. *Ciência da Informação*, v. 34, n. 1, 2005.

GOMES, L. F. M.; MOREIRA, A. M. M. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. In: RECITEC, Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 1998.

GROOT, H. L. F.; VERHOEF, E.T.; NIJKAMP, P. Energy Saving by firms: decision-making, barriers and policies. *Energy Economics*, v. 23, p. 717-740, 2001.

GUÉDRIA, W. A contribution to Enterprise Interoperability Maturity Assessment. Tese (Doutorado) - Universidade de Bordeaux, Bodeux, França, 2012.

HALL, J. KOUKOULAS, S. Semantic interoperability for E-Business in the ISP service domain emantic interoperability for E-Business in the ISPSERVICE Domain. *International Conference on e-Business*, 2008.

HAMMER, M.; CHAMP, Y.J. Reengenharia – 4 ed. São Paulo: Editora Erica, 1994.

HÄMÄLÄINEN, R. KETTUNEN, E. EHTAMO, H. Evaluating a framework for multi-stakeholder decision support in water resources management. *Group Decision and Negotiation*, v. 10, n. 4, p. 331-353, 2001.

HARRISON, M. I., SHIROM, A. *Organizational Diagnosis and Assessment*. Ed. Sage Publications, Inc. Thousand Oaks, California, 1999.

HASANBEIGI, A.; PRICE, L.; LIN, E. Emerging energy-efficiency and CO2 emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 8, p. 6220-6238, 2012.

HASSON, F.; KEENEY, S. Enhancing rigour in the Delphi technique research. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 78, no. 9, pp. 1695-1704, 2011.

HOOGERVORST, J.A.P. *Enterprise Governance and Enterprise Engineering*. Springer E.E. The Enterprise Engineering Series, p. 443, 2009.

IEA. *Annual Energy Outlook 2012*. International Energy Agency. Paris, 2012.

IBÁ. *Relatório IBA 2015. Indústria Brasileira de Árvores* - Brasília, 2015.

IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *Standard computer dictionary: A compilation of IEEE standard computer glossaries*, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 50003:2014(en). *Energy management systems — Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems*. Switzerland, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 50004:2014(en). *Energy management systems -- Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system*. Switzerland, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 50006:2014(en). *Energy management systems — Measuring energy performance using energy*

baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance. Switzerland, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 50015:2014(en). Energy management systems -- Measurement and verification of energy performance of organizations -- General principles and guidance. Switzerland, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 50001:2011(en). Energy Management Systems - Requirements with Guidance for Use. Switzerland, 2014.

INTRONA, V. et al. Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *Journal of Cleaner Production*, v. 83, p. 108-117, 2014.

ISR. Energy efficiency best practice in the Australian aluminium industry. Industry, Science and Resource; Australia, 2000.

ISMCDM (International Society on Multiple Criteria Decision Making). (2015). Retrieved from <http://www.mcdmsociety.org>
ISO 11354/2011 Advanced automation technologies and their applications -- Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability -- Part 1: Framework for enterprise interoperability.

INSPIRATION SOFTWARE. *Inspiration for windows: User's manual [computer program manual]*. Portland, OR: Author. 1994.

JAFFE, A.B., STAVINS, R.N. The energy-efficiency gap: what does it mean? *Energy Policy* v.22, p 804-810, 1994.

JAMES, L.R.; DEMAREE, R.G.; WOLF, G. *Estimating within-group interrater reliability with and without response bias*. *Journal of Applied Psychology*, vol. 69, no. 1, pp. 85-98, 1984.

JONES, G. R. *Organizational Theory, Design, and Change: Text and Cases*. Ed. 5. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J. Iso 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, p 2744-2755, 2016.

KANNAN, R.; BOIE, W. Energy management practices in SME e case study of a bakery in Germany. *Energy Convers. Manag.*, ed. 44 (6), p. 945-959, 2003.

KARLUTUN, A; et al. HTO – a complementary ergonomics perspective. Human factors in organizational design and management – XI. Nordic ergonomics society annual conference – 46. p. 355-360. 2014.

KIM, C.H.; WESTON, R.H.; WOO, H.S. Development of an integrated methodology for enterprise engineering. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 14, n. 5, p. 473-488, 2001.

KIM, S. H.; JANG, K. J. Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR. *International Journal of production economics*, v. 76, n. 2, p. 121-133, 2002.

KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. NICTA Technical Report, 2004.

KRAMER, K. J.; MASANET, E.; XU, T.; WORRELL, E. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pulp and Paper Industry: An Energy Star Guide for Energy and Plant Managers. Lawrence Berkeley National Laboratory, California, 2009.

KUSIAK, A.; NICK LARSON, T.; WANG, J. R. Reengineering of design and manufacturing processes. *Computers & Industrial Engineering*, v. 26, n. 3, p. 521-536, 1994.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAAKSO, K.; RUBIN, A.; LINTURI, H. The Role of Regulation in the Mobile Operator Business in Finland. *Foresight* vol 14 iss: 2, 4-4, 2012.

LEBRETON, J.M. SENTER, J.L. *Answers to 20 Questions About Interrater Reliability and Interrater Agreement. Organizational Research Methods*, vol. 11, no. 4, pp. 815-852, October, 2008.

LEGNER, C. WENDE, K. Towards an Excellence Framework for Business Interoperability. 19th Bled e Conference e Values. Bled, Slovenia. 2006.

LEVY, Y. ELLIS, T.J. A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. *Informing Science Journal*. v. 9, 2006.

LEVINE, L. MORRIS, E.PLACE,P.R.H. Proceedings of the System of Systems Interoperability Workshop System of Systems Interoperability Internal Research and Development Project. 2003.

LEWIS, M. W. Iterative Triangulation; a Theory Development Process using Existing Case Studies. *Journal of Operations Management*, v. 16, p. 455-469, 1998.

LEWIS, G. METCALF, C. Model Problems in Technologies for Interoperability: OWL Web Ontology Language for Services (OWL-S). Integration of Software-Intensive Systems Initiative. 2006.

LILES, D.H.; PRESLEY, A.R. Enterprise modeling within an enterprise engineering framework. Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, 1996.

LIN, B.; XU, L. Energy conservation of electrolytic aluminum industry in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 43, p. 676-686, 2015.

LIN, B.; ZHANG, L.; WU, Y. Evaluation of electricity saving potential in China's chemical industry based on cointegration. *Energy Policy*, v. 44, p. 320-330, 2012.

LIN, B.; ZHAO, H. Energy efficiency and conservation in China's chemical fiber industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 103, p. 345-352, 2015.

LINSTONE, H.A. TUROFF, M. *The Delphi Method Techniques and Applications*. Edited by New Jersey Institute of Technology With a Foreword by University of Southern California, 2002.

LIMA, E. P. *Uma Modelagem Organizacional Baseada em Elementos de Natureza Comportamental*. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC; Florianópolis, SC. 2001.

LOURES, E. F. R. *Notas de aula da disciplina de Interoperabilidade*, PPGEPS-Doutorado; PUC-PR, 2018.

MADLOOL, N. A. et al. A critical review on energy use and savings in the cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Kuala Lumpur, v. 15, p. 2042-2060, 2011.

MAKITALO, M.; HILMOLA, O.P. *Analysing the future of railway freight competition: a Delphi study in Finland*. Emerald Article, 2012.

MACHADO, C. G. *Developing a maturity framework for sustainable operations management*. Tese (Doutorado) - PPGEPS, PUCPR, Curitiba, 2015.

MARTINS, R. A. *Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso* - Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MERTINS, K.; JOCHEM, R. *Architectures, methods and tools for enterprise engineering*. *International Journal of Production Economics*, v. 98, no. 2, p. 179-188, Nov. 2005.

MIGUEL, P. A. C. *Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução*. *Revista Produção*, v.17, n.1, p. 216-229, 2007.

MINTZBERG, Henry D. *Criando organizações eficazes: estruturas em cinco configurações*. São Paulo: Atlas, 1995.

MINDMEISTER. Disponível em: <<https://www.mindmeister.com/pt/>>. Data de acesso: 28/10/2017.

MOLLAGHASEMI, M., & PET-EDWARDS, J. (1997). *Making Multi-Objective Decisions*. IEEE Computer Society Press, California.

MME. Resenha Energética Brasileira. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Ministério de Minas e Energia. 2017.

NATO. Allied Data Publication 34 (ADatP-34). NATO C3 Technical Architecture (NC3TA), Version 4.0, 2003.

NEELIS, M. et al. Approximation of theoretical energy-saving potentials for the petrochemical industry using energy balances for 68 key processes. *Energy*, v. 32, n. 7, p. 1104-1123, 2007.

NOVAK, J. D.; A. J. CAÑAS. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.

NOVAK, J. D.; GODWIN, D. B. Learning how to learn. New York: Cambridge University Press, 1984.

PALM, J.; THOLLANDER, P. An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency. *Appl. Energy*, 87, p. 3255-3261, 2010.

PANETTO, H. Towards a classification framework for interoperability of enterprise applications. *International journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 20(8), p. 727-740, 2007.

PANETTO, H.; MOLINA, A. Enterprise Integration and Interoperability in Manufacturing Systems: trends and issues. *Computers In Industry*, v. 59, 2008.

PANCHENKO, A., ROMANOV, P., MOROZOVA, O., NAETS, H., PHILIPPOVICH, A., ROMANOV, A., & FAIRON, C). Serelex: Search and Visualization of Semantically Related Words. *Advances in Information Retrieval, Lecture Notes in Computer Science Volume 7814*, Springer Berlin Heidelberg, pp 837-840. DOI 10.1007/978-3-642-36973-5_97, 2013.

PAULUS, M.; BORGGREFE, F. The potential of demand-side management in energy-intensive industries for electricity markets in Germany. *Applied Energy*, v. 88, n. 2, p. 432-441, 2011.

PHYLIPSEN, G.; BLOK, K.; WORRELL, E. International comparisons of energy efficiency - Methodologies for the manufacturing industry. *Energy Policy*, ed. 25, p. 715-725, 1997.

PIDD, M. Modelagem Empresarial, Ferramentas para Tomada de Decisão. Porto alegre: Bookman, 1998.

PINGAUD, H. Rationalité du développement de l'interopérabilité dans les organisations . 8ème congrès international de Génie Industriel, *CIGI09'*, 2009.

PLATTS, K.W. A Process Approach to Researching Manufacturing Strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 13, n. 8, p. 4-17, 1993.

PLATTS, K.W. Characteristics of methodologies for manufacturing strategy formulation. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 7, n. 2, p. 93-99, 1994.

PLATTS, K.W.; GREGORY, M.J. Manufacturing Audit in the Process of Strategy Formulation. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 10, n. 9, p. 5-26, 1990.

PLATTS, K.W.; MILLS, J.F.; NEELY, A.D.; GREGORY, M.J.; RICHARDS, A.H. Evaluating manufacturing strategy formulation processes. *Production*, v. 46-47, p. 233-240, 1996.

PLOTNIK, E. Concept Mapping: A Graphical System for Understanding the Relationship between Concepts. ERIC Digest, 1997.

PORRAS, J.I. & ROBERTSON, P.J. Organizational Development: Theory, Practice, and Research. In Dunette, M.D. & Hough, L.M. (Eds). *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*. Palo Alto: Consulting Psychologist Press Inc, 1992.

POSCH, A. Strategic energy management in energy-intensive enterprises - a quantitative analysis of relevant factors in the Austrian paper and pulp industry. *J Cleaner Prod*, ed. 90, p. 291-299, 2015.

PRICE, L.; WANG, X.; YUN, J. The challenge of reducing energy consumption of the Top-1000 largest industrial enterprises in China. *Energy Policy*, v. 38, n. 11, p. 6485-6498, 2010.

PROCEL. Selo Procel, 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D>>. Acesso em: 12/10/2017.

PROCEL. Simuladores. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={796B68CB-2559-401F-A481-DC3D145F572E}>>. Acesso em: 12/10/2017.

QUESTIONÁRIO DELPHI. Disponível em http://www3.dsi.uminho.pt/gavea/delphi/ver_informacao_login.htm. Acesso em 15/10/2017.

ROBBINS, S. P. *Organization Theory, Structure, Design and Applications* (Third ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1990.

ROSSITER, A.P.; Jones, B.P. *Energy Management and Efficiency for the Process Industries*. New York: Wiley; 2015.

RUDBERG, M.; WALDEMARSSON, M.; LIDESTAM, H. Strategic perspectives on energy management: a case study in the process industry. *Appl. Energy*, ed. 104, p. 487-496, 2013.

RUMMLER, G. A.; BRACHE, A.P. *Melhores desempenhos das empresas*. 2 ed. São Paulo: Makróns Books, 1994.

SALERNO M.S. Projeto organizacional de produção integrada, flexível e de gestão democrática: processos, grupos e espaço de comunicação-negociação – Tese (Livre-docência) Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo .São Paulo, 1998.

SA, A; et al. Classification of Industrial Energy Management Practices-A case study of a Swedish foundry. *Energy Procedia*. ScienceDirect.75 2581 - 2588, 2015.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process - what it is and how it is used, *Mathematical Modelling*, Vol. 9, Issues 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, vol.1, n.1, 2008.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process European. *Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9-26, 1990.

SARDIANOU, E. Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 13, p. 1416-1423, 2007.

SAYGIN, D. et al. Long-term energy efficiency analysis requires solid energy statistics: The case of the German basic chemical industry. *Energy*, v. 44, n. 1, p. 1094-1106, 2012.

SAYGIN, D. et al. Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector. *Energy*, v. 36, n. 9, p. 5779-5790, 2011.

SAYGIN, D.; WORRELL, E.; PATEL, M.K.; GIELEN, D.J. Benchmarking the energy use of energy-intensive industries in industrialized and in developing countries. *Energy*, ed. 36 (11), p. 6661-6673, 2011.

SCHRECK, B. What are the steps to adopt Energy Management Systems? - Energy Management Systems - ISO 50001. Energy Efficiency in Emerging Economies (E4) Training Week. 8-12 June 2015, Paris. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).

SCHULZE, M. et al. Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 3692-3708, 2016.

SHEHABUDDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R. Representing and approaching complex management issues: part 1 - role and definition. *Working Paper UC*, Cambridge, 2000.

SIVILL, L.; MANNINEN, J.; HIPPINEN, I.; AHTILA, P. Success factors of energy management in energy-intensive industries: Development priority of energy performance measurement. *International Journal of Energy Research*, v. 37, n. 8, p. 936-951, 2013.

SILVA, V. R. R. G.; LOURES, E. F. R.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Gestão da Energia na Indústria: Uma Abordagem de Engenharia Organizacional. Smart Energy CIEI & EXPO 2017, Curitiba, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3 ed São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, L.F.G. Modelagem e simulação discreta de sistemas – 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

SOARES, S. R. Análise multicritério como instrumento de gestão ambiental. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2003.

SORRELL, S. et al. Barriers to Energy Efficiency in Public and Private Organizations - final report. SPRU, 2000.

SORRELL, S. The economics of energy service contracts. *Energy Policy*, v. 35, n. 1, p. 507-521, 2006.

SORRELL, S. Improving the evidence base for energy policy: The role of systematic reviews. *Energy Policy*, ed. 35, n. 3, p. 1858-1871, 2007.

STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETEN (2014). Retrieved February 12, 2014 from <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/In-English/About-the-Swedish-Radiation-Safety-Authority1/Our-work-to-enhancesafety-/Our-regulatory-supervision/Man-Technology-Organisation>.

SSEBUGGWAWO, D. HOPPENBROUWERS, S. PROPER, H.A. Group Decision Making in Collaborative Modeling Aggregating Individual Preferences with AHP. Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen. 2009. Netherlands. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2066/75300>.

STENQVIST, C. Trends in energy performance of the Swedish pulp and paper industry: 1984-2011. *Energy Efficiency*, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2015.

STENQVIST, C.; NILSSON, L.J. Energy efficiency in energy-intensive industries - an evaluation of the Swedish voluntary agreement PFE. *Energy Efficiency*, ed. 5 (2), p. 225-241, 2012.

TANAKA, K. Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy. *Energy Policy*, v. 36, n. 8, p. 2887-2902, 2008.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-Ação. 11 ed. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. An energy efficient Swedish pulp and paper industry - exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments. *Energy Efficiency*, v. 1, n. 1, p. 21-34, 2008.

THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. Energy management practices in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 12, p. 1125-1133, 2010.

THOLLANDER, P.; PALM, J. *Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems: an Interdisciplinary Perspective on Barriers, Energy Audits, Energy Management, Policies, and Programs*. Springer, London, 2013.

TOFFLER, A. *O Choque do Futuro*. São Paulo, Editora Record, 1994 (5ª ed.).

TOLK, A.; MUGUIRA, J.A. The levels of conceptual interoperability model. In *Fall Simulation Interoperability Workshop*. USA, 2003.

TRIANNI, A.; CAGNO, E.; THOLLANDER, P.; BACKLUND, S. Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. *Journal of Cleaner Production*, ed. 40, p. 161-176, 2013.

TURNER, W.C.; DOTY, S. *Energy Management Handbook*. ed. 6, The Fairmont Press, 2007.

UNIDO. *Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking - An Energy Policy Tool Working Paper*. United Nations Industrial Development Organization, Austria, November, 2010.

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 2006. *Teaming Up to Save Energy*. Washington, D.C.: Climate Protection Division, Report 430-K-05-007.

VAN DER VEER, H.; WILES, A. *Achieving Technical Interoperability - the ETSI Approach*. 2008.

VERNADAT, F. B. *Enterprise modeling and integration: principles and applications*. Chapman & Hall, p. 513, 1996.

VERNADAT, F.B. Enterprise modeling and integration (EMI) current status and research perspectives. *Annual Reviews in Control*, ed. 26, 2002.

VERNADAT, F.B. Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods. *Annual Reviews in Control*, ed. 31, 2007.

VERNADAT, F.B. Technical, semantic and organizational issues of enterprise interoperability and networking. *Annual Reviews in Control*, ed. 34, 2009.

VIKHOREV, K.; GREENOUGH, R.; BROWN, N. An advanced energy management framework to promote energy awareness. *Journal of Cleaner Production*, ed. 43, p. 103-112, 2013.

VILAS BOAS, C. L. *Modelo Multicritérios de apoio à Decisão aplicado ao uso múltiplo de Reservatórios: Estudo da Barragem do Ribeirão João Leite*. Dissertação Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Brasília: UNB, 2006

VINE, E. An International Survey of the Energy Service Company (ESCO) Industry. *Energy Policy*, ed. 33 (2005), p. 691-704, 2005.

WEBER, L. Some reflections on barriers to the efficient use of energy. *Energy Policy*, ed. 10, p. 833-835, 1997.

WEBSTER, J.; WATSON, J.T. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, ed. 26(2), p. 13-23, 2002.

WEISS, J. M. G. A competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas. *Revista de Administração de Empresas*, ed. 32(1), p. 48-59, São Paulo, Jan/Mar, 1992.

WEG. *Gestão Eficiente da Energia Elétrica*. P.24, 2017.

WERKEMA, C. *Métodos Pdca e Dmaic e Suas Ferramentas Analíticas*. Ed. Campus Grupo Elsevier, 2012, RJ.

WESKE, M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

WORRELL, E. et al. Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy Efficiency*, v. 2, n. 2, p. 109-123, 2008.

WORRELL, E.; LAITNER, J.A.; RUTH, M.; FINMAN, H. Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. *Energy*, ed. 28 (11), p. 1081-1098, 2003.

WORRELL, E.; MARTIN, N.; PRICE, L. Potentials for energy efficiency improvement in the US cement industry. *Energy*, ed. 25, p. 1189-1214, 2000.

WORRELL, E.; P. L.; MARTIN, N. Energy Efficiency and Carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector. *Energy*, v. 26, p. 513-536, 2001.

WORRELL, E.; P. L.; MARTIN, N.; FARLA, J.; SCHAEFFER, R. Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators. *Energy Policy*, ed. 25(7-9), p. 727-744, 1997.

WORRELL, E. *Barriers to energy efficiency: international case studies on successful barrier removal* United Nations Industrial Development Organization, UNIDO, Vienna (2011).

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi - Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*. São Paulo, v. 01, n. 12, p. 54-65, 2000.

YAHIA, E. *Contribution a L'Evaluation de L'Interoperabilite semantique entre systemes D'Information D'Enterprises: Application aux systemes D'Information de pilotage de La production*. França, 2010.

YIN, R.K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 3ª ed. - Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, R.K. (1994) Case study research design and methods Thousand Oaks: Sage

XU,L. YANG,J.B. Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach. University of Manchester Institute of Science and Technology, Working Paper, n.0106, Maio, 2001.

ZHANG, J.; WANG, G. Energy saving technologies and productive efficiency in the Chinese iron and steel sector. Energy, v. 33, n. 4, p. 525-537, 2008.

ZILBOVICIUS, M. Modelos para a produção, produção de modelos: gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção. São Paulo: FAPESP: Annablume,1999.

GLOSSÁRIO E ABREVIações

1. Definições: ABNT NBR ISO 50001:2011 Sistemas de gestão da energia- Requisitos com orientação para uso:

Alta direção: pessoa ou grupo de pessoas que gerencia e controla uma organização no mais alto nível.

Auditoria interna: processo sistemático, independente e documentado de obtenção de evidências e avaliações objetivas para determinar a extensão de quais requisitos são cumpridos.

Consumo de energia: quantidade de energia aplicada.

Desempenho energético: resultados mensuráveis relacionados à eficiência energética, uso e consumo de energia.

Energia: para propósito deste trabalho, energia refere-se as suas diversas formas como eletricidade, combustíveis, vapor, calor, ar comprimido e outras formas análogas incluindo renovável, que podem ser compradas, armazenadas, processadas, utilizadas em equipamentos ou em um processo, ou recuperadas. Energia pode ser definida como a capacidade de um sistema de produzir atividade externa ou realizar trabalho.

Eficiência energética: razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviços, produtos ou energia e uma entrada de energia.

Escopo: abrangência de atividades, instalações e decisões que uma organização estabelece através de um SGE e que pode incluir várias fronteiras.

Equipe de gestão da energia: pessoa(s) responsável(is) pela efetiva implementação da atividades do sistema de gestão da energia e pela obtenção de melhorias de desempenho energético.

Fronteira: limites físicos ou locais e/ou organizacionais definidos pela organização.

Indicador de desempenho energético (IDE): valor ou medida quantitativa de desempenho energético conforme definido pela organização

Linhas de base energética: referência quantitativa fornecendo uma base para comparação do desempenho energético.

Melhoria contínua: processo recorrente que resulta em melhoria de desempenho energético e do sistema de gestão da energia.

Meta energética: requisito de desempenho energético detalhado e quantificável, aplicável à organização ou partes desta, oriundo do objetivo energético e que necessita ser estabelecido e atendido para atingir este objetivo.

Sistema de gestão da energia (SGE): conjunto de elementos inter-relacionados ou interativos para estabelecer uma política energética e objetivos energéticos, e processos e procedimentos para atingir tais objetivos.

Objetivo energético: resultado ou realização específica estabelecida para atender à política energética da organização relacionada à melhoria de desempenho energético.

Organização: companhia, corporação, firma, empresa, autoridade ou instituição, ou parte ou combinações destas, sejam incorporadas ou não, pública ou privada, que possui suas próprias funções e administração e que tem autoridade para controlar seu uso e consumo de energia.

Política energética: declaração da organização sobre suas intenções e diretrizes gerais relacionadas com seu desempenho energético e formalmente expressas pela alta direção.

Partes interessadas: pessoa ou grupo envolvido ou afetado pelo desempenho energético da organização.

Revisão energética: determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria.

Uso de energia: modo ou tipo de aplicação de energia.

Uso significativo de energia: uso de energia responsável por substancial consumo de energia e/ou que ofereça considerável potencial para melhoria de desempenho energético.

2. Definições: ANS/MSE 2000-2008 - A Management System for Energy - American National Standard:

Commissioning - Comissionamento: O processo de garantia de qualidade para garantir que um novo sistema de energia seja projetado, instalado, funcionalmente testado e capaz de ser operado e mantido de acordo com as necessidades operacionais do proprietário.

Continual improvement - Melhoria Contínua: Atividade recorrente para aumentar a capacidade de cumprir requisitos.

Energy Baseline - Linha de Base Energética: Perfil energético inicial.

Energy Profile - Perfil de Energia: Visão geral do status da energia atualizado regularmente que serve como um meio de ligação do uso de energia de uma organização com a produção primária dos negócios.

Energy Management Project - Projeto de Gestão da Energia: Curso de ação com um início e final definido, usado pela organização para atingir os alvos e metas energéticas.

Goal - Objetivo: Fim para o qual o esforço é dirigido para alcançar a política energética.

Organization - Organização: Grupo de pessoas e instalações com um arranjo de responsabilidades autoridades e relacionamentos.

Primary energy resource - Fonte primária de energia: Recursos brutos que entram na instalação a partir de uma fonte de energia interna ou externa.

Secondary energy resource - Fonte Secundária de Energia: Forma convertida da fonte primária de energia.

Significant Energy Uses - Utilizações Energéticas Significativas: Equipamentos primários ou de apoio, aplicações ou atividades identificado pelo perfil de energia como um elemento significativo do custo e/ou consumo de energia de uma organização.

Target - Alvo: Exigência de desempenho mensurável a ser estabelecido e atendido para alcançar a totalidade ou parte de um objetivo.

3. Definições Gerais.

Ação corretiva : Ação para eliminar a causa de uma não-conformidade identificada ou outra situação indesejada (prevenir sua repetição).

Ação preventiva : Ação para eliminar a causa de uma potencial não-conformidade ou outra situação potencialmente indesejada (prevenir sua ocorrência).

Ambiente de trabalho: Conjunto de condições sob as quais um trabalho é realizado.

Conformidade: Atendimento a um requisito.

Cogeração de Energia: É um processo onde são geradas duas formas de energia ao mesmo tempo. O tipo mais comum é a cogeração de energia elétrica e energia térmica.

Direito ambiental: Conjunto de normas jurídicas relacionado à proteção do meio ambiente.

Mitigação: intervenção humana com o fim de reduzir impactos ambientais nocivos

Meio ambiente: conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e atividades humanas.

Não-conformidade: Não atendimento a um requisito.

Organização: Grupo de instalações e pessoas com um conjunto de responsabilidades, autoridades e relações, conjunto geralmente ordenado.

Processo: Conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas).

Requisito: Necessidade ou expectativas que é expressa, geralmente, de forma implícita ou obrigatória.

Energia primária: Fontes providas pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, nuclear, eólica, etc.

Energia secundária: Resultado dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação. Por exemplo: Óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene, gás, urânio contido no UO₂ dos elementos combustíveis, eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico, etc.

Centro de transformação: Centros onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária com suas correspondentes perdas na transformação. Exemplos: refinarias de petróleo, centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras, carvoarias e destilaria.

Consumo final: Energia primária e secundária que se encontra disponível para ser usada por todos os setores de consumo final do país, de certa forma, é a energia que é comercializada. O consumo final dos setores energéticos é: residencial, comercial, público, agropecuário, transportes, industrial, e o consumo final não energético é a quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos.

Energia útil: Energia disponibilizada ou demandada ao consumidor final, como por exemplo, na forma de força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica, e outros usos após a última conversão realizada em seus próprios equipamentos. Corresponde à energia fornecida aos equipamentos descontadas das perdas de conversão.

4. Abreviações.

ANSI - American National Standard

BAT - *Best Available Technology*

BPT - *Best Practice Technology*

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CHP - *Combined Heat and Power* - Cogeração

CSR - *Corporate Social Responsibility*

EII - *Energy Intensive Industries* - Indústria Energo-Intensiva (IEI)

EnMS - *Energy Management System* - Sistema de gestão da energia

EnMT - *Energy Management Team* - Equipe de gestão da energia

EnPIs - *Energy Performance Indicators* - Indicadores de desempenho de energia

ESCO - *Energy Service Company* - Empresa de serviços de conservação de energia

ER - *Energy Review* - Revisão energética

GHG - *Greenhouse Gases* - Gases do efeito estufa

ICT - *Information and Communication Technology* - Tecnologia de informação e comunicação

IPMVP - *International Performance Measurement and Verification Protocol* - Protocolo internacional de medição e verificação de performance

LCA - *Life Cycle Assessment* - Ciclo de vida do produto

MT&R - *Monitoring Targeting and Reporting* - Equivalente ao sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia (SEMME)

OHSAS - *Occupational Health and Safety Assessment Series*

APÊNDICE A - ARTIGOS CORRELATOS

Quadro A.1 – Relação dos artigos correlatos.

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|------------------|---------------------------------|--|--|--|-------------------|------------------------|----------------|
| 1 ^(a) | DeCanio, S. (1998) | The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments | Energy | Conceitual / Teórico, Análise estatística | - | EUA | 362 |
| 2 ^(a) | Bunse, K., et al. (2010) | Integrating energy efficiency performance in production management - gap analysis between industrial needs and scientific literature | Journal of Cleaner Production | Abordagem de Métodos Mistos (Revisão da literatura, Entrevistas, <i>Workshop</i> , <i>Survey</i>) | Manufatura | Diversas | 241 |
| 3 ^(a) | Worrell, E. et al. (2001) | Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector | Energy | Teórico / Conceitual | Ferro e aço | EUA | 238 |
| 4 ^(a) | Groot, H. et al. (2001) | Energy saving by firms: decision-making, barriers and policies | Energy Economics | <i>Survey</i> | Diversa | Holanda | 221 |
| 5 ^(a) | Abdelaziz, E. A., et al. (2011) | A review on energy saving strategies in industrial sector | Renewable and Sustainable Energy Reviews | Revisão da literatura | Diversa | Diversas | 216 |
| 6 ^(a) | Worrell, E., et al. (2004) | Productivity benefits of industrial energy efficiency measures | Energy | Estudo de caso | Ferro e aço | EUA | 212 |
| 7 ^(a) | Worrell, E. et al. (1997) | Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators | Energy Policy | Análise de dados, Análise estatística, Conceitual | Ferro e aço | Diversas | 206 |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|----------------------------|---|--|---|-------------------------------|------------------------|----------------|
| 8 ^(a) | Worrell, E. et al. (2000) | Potentials for energy efficiency improvement in the US cement industry | Energy | Estudo de caso | Cimento | EUA | 179 |
| 9 ^(a) | Sorrell, S. (2006) | The economics of energy service contracts | Energy Policy | Conceitual / Teórico | - | Inglaterra | 151 |
| 10 ^(a) | Paulus, M. (2011) | The potential of demand-side management in energy-intensive industries for electricity markets in Germany | Applied Energy | Abordagem de Métodos Mistos (Conceitual / Teórico, Métodos matemáticos) | Diversa | Alemanha | 140 |
| 11 ^(a) | Thollander, P. (2008) | An energy efficient Swedish pulp and paper industry - exploring barriers to and driving forces for cost-effective energy efficiency investments | Energy Efficiency | Estudo de caso | Papel e celulose | Suécia | 133 |
| 12 ^(a) | Worrell, E., et al. (2008) | Industrial energy efficiency and climate change mitigation | Energy Efficiency | Conceitual / Teórico, Análise de dados | Diversa | Diversas | 132 |
| 13 ^(a) | Thollander, P. (2010) | Energy management practices in Swedish energy-intensive industries | Journal of Cleaner Production | Survey | Papel e celulose, fundição | Suécia | 131 |
| 14 ^(a) | Tanaka, K. (2008) | Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy | Energy Policy | Estudo de caso | Ferro e aço | Japão | 112 |
| 15 ^(a) | Sardianou E. (2008) | Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece | Journal of Cleaner Production Renewable and Sustainable Energy Reviews | Survey | Diversas | Grécia | 102 |
| 16 ^(a) | Fleiter, T., et al. (2011) | Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models — A review | Journal of Cleaner Production Renewable and Sustainable Energy Reviews | Revisão da literatura | Ferro e aço, papel e celulose | Alemanha | 97 |
| 17 ^(a) | Zhang, J.; Wang, G. (2008) | Energy saving technologies and productive efficiency in the Chinese iron and steel sector | Energy | Empírico | Ferro e aço | China | 90 |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|----------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------|------------------------|----------------|
| 18 ^(a) | Phylipsen, G.J.M. (1997) | International comparisons of energy efficiency - Methodologies for the manufacturing industry | Energy Policy | Revisão da Literatura, Conceitual / Teórico | Manufatura | Holanda | 89 |
| 19 ^(a) | Palm, J. (2010) | An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency | Applied Energy | Conceitual / Teórico | Fundição | Suécia | 82 |
| 20 ^(a) | Price, L., et al. (2010) | The challenge of reducing energy consumption of the Top-1000 largest industrial enterprises in China | Energy Policy | Análise de dados, Análise estatística, Conceitual | Diversa | China | 77 |
| 21 ^(a) | Trianni, A., et al. (2013) | Barriers to industrial energy efficiency in foundries: A European comparison | Journal of Cleaner Production | Abordagem de Métodos Mistos (Revisão da literatura, Conceitual / Teórico, Survey) | Fundição | Diversas | 74 |
| 22 ^(a) | Giacone, E. (2012) | Energy efficiency measurement in industrial processes | Energy | Conceitual, Estudo de caso | Ferro e vidro | Itália | 71 |
| 23 ^(a) | Boyd, G., et al. (2007) | The evolution of the ENERGY STAR energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use | Journal of Cleaner Production | Análise estatística, Métodos matemáticos | Manufatura | EUA | 65 |
| 24 ^(a) | Neelis, M., et al. (2007) | Approximation of theoretical energy-saving potentials for the petrochemical industry using energy balances for 68 key processes | Energy | Abordagem de Métodos Mistos (Análise de dados, Análise estatística, Conceitual / Teórico) | Petroquímica | Holanda | 55 |
| 25 ^(a) | Cagno, E. et al. (2013) | A novel approach for barriers to industrial energy efficiency | Renewable and Sustainable | Revisão da literatura | Manufatura | Itália | 53 |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|-------------------------------|---|--|---|-------------------------|------------------------|----------------|
| 26 ^(a) | Stenqvist, C. (2012) | Energy efficiency in energy-intensive industries — an evaluation of the Swedish voluntary agreement PFE | Energy Reviews | Estudo de caso | - | Suécia | 47 |
| 27 ^(a) | Hasanbeigi, A., et al. (2012) | Emerging energy-efficiency and CO2 emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review | Energy Efficiency Renewable and Sustainable Energy Reviews | Conceitual / Teórico | Cimento e concreto | - | 44 |
| 28 ^(a) | Saygin, D., et al. (2011) | Benchmarking the energy use of energy-intensive industries in industrialized and in developing countries | Energy | Conceitual / Teórico | Diversas | Holanda | 35 |
| 29 ^(a) | Saygin, D., et al. (2011). | Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector | Energy | Conceitual / Teórico | Química e petroquímica | Diversas | 34 |
| 30 ^(a) | Ates, S.; Durakbasa N. (2012) | Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey | Energy | Survey | Diversas | Turquia | 33 |
| 31 ^(a) | Fleiter, T., et al. (2012) | The characteristics of energy-efficiency measures - a neglected dimension | Energy Policy | Conceitual / Teórico | Ferro e aço, manufatura | Alemanha | 31 |
| 32 ^(a) | Dobes, V. (2013) | New tool for promotion of energy management and cleaner production on no cure, no pay basis | Journal of Cleaner Production | Estudo de caso | Diversas | República Checa | 28 |
| 33 ^(a) | Lin, B., et al. (2012) | Evaluation of electricity saving potential in China's chemical industry based on cointegration | Energy Policy | Conceitual / Teórico, Métodos matemáticos | Química | China | 27 |
| 34 ^(a) | Rudberg, M., et al. (2013) | Strategic perspectives on energy management: A Estudo de caso in the process industry | Applied Energy | Estudo de caso | Química | Suécia | 27 |
| 35 ^(a) | Aflaki, S., et al. (2013) | Finding and Implementing Energy Efficiency Projects in Industrial Facilities | Productions and Operations Management | Conceitual, Estudo de caso | Farmacêutica e química | Alemanha | 25 |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|--|--|--|---|------------------------|------------------------|----------------|
| 36 ^(a) | Introna, V., et al. (2014) | Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies | Journal of Cleaner Production | Conceitual / Teórico | Farmacêutica e química | Itália | 16 |
| 37 ^(a) | Brunke, J.-C. (2014) | Energy conservation measures for the German cement industry and their ability to compensate for rising energy-related production costs | Journal of Cleaner Production | Conceitual / Teórico | Cimento | Alemanha | 8 |
| 38 ^(a) | Saygin, D., et al. (2012) | Long-term energy efficiency analysis requires solid energy statistics: The case of the German basic chemical industry | Energy | Métodos matemáticos, Análise estatística | Química | Alemanha | 8 |
| 39 ^(a) | Lin, B.; Lin, X. (2015) | Energy conservation of electrolytic aluminum industry in China | Renewable and Sustainable Energy Reviews | Métodos matemáticos | Alumínio | China | 5 |
| 40 ^(a) | Lin, B.; Zhao, H. (2015) | Energy efficiency and conservation in China's chemical fiber industry | Journal of Cleaner Production | Métodos matemáticos, Análise estatística, Análise de dados | Química | China | 5 |
| 41 ^(a) | Stenqvist, C. (2015) | Trends in energy performance of the Swedish pulp and paper industry: 1984 - 2011 | Energy Efficiency | Métodos matemáticos | Papel e cellulose | Suécia | 4 |
| 42 ^(a) | Schulze, M. et al. (2016) | Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework | Journal of Cleaner Production | Abordagem de Métodos Mistos (Revisão da literatura, Conceitual) | Diversas | Diversas | 3 |
| 43 ^(b) | Steven Fawkes, Kit Oung, David Thorpe (2016) | Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement | Unido | - | - | - | - |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|---|--|---|----------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 44 ^(b) | Ernst Worrell (2011) | Barriers to energy efficiency: International case studies on successful barrier removal | Unido | - | - | - | - |
| 45 ^(b) | Tsung-Yung Chiu Shang-Lien Lo, and Yung-Yin Tsai (2012) | Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems | Energies | - | - | - | - |
| 46 ^(b) | Steve Sorrell et al. (2000) | Barriers to Energy Efficiency in Public and Private Organizations | SPRU 2000 | - | - | - | - |
| 47 ^(b) | Aida Sa, Svetlana Paramonova, Patrik Thollander and Enrico Cagno (2015) | Classification of Industrial Energy Management Practices | Energy Procedia | - | - | - | - |
| 48 ^(b) | Lukas Weber (1997) | Some reflections on barriers to the efficient use of energy. | Energy Policy | - | - | - | - |
| 49 ^(b) | Edward Vine (2005) | An international survey of the energy service company (ESCO) industry | Energy Policy | - | - | - | - |
| 50 ^(b) | Patrik Thollander, Jenny Palm (2013) | Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems: an Interdisciplinary Perspective on Barriers, Energy Audits, Energy Management, Policies, and Programs | Springer | - | - | - | - |
| 51 ^(b) | Choate, W.T. (2003) | Energy and Emission Reduction Opportunities for the Cement Industry | Industrial Efficiency Technology Database | - | - | - | - |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|--|--|--|----------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 52 ^(b) | Posch, A. et al. (2015) | Strategic energy management in energy-intensive enterprises: a quantitative analysis of relevant factors in the Austrian paper and pulp industry | Journal of Cleaner Production | - | - | - | - |
| 53 ^(b) | Kramer, K. J. et al. (2009) | Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pulp and Paper Industry: An Energy Star Guide for Energy and Plant Managers | Lawrence Berkeley National Laboratory | - | - | - | - |
| 54 ^(b) | Gauto, M. (2016) | Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino | Livro | - | - | - | - |
| 55 ^(b) | Madloul, N. A. et al. (2011) | A critical review on energy use and savings in the cement industries | Renewable and Sustainable Energy Reviews | - | - | - | - |
| 56 ^(b) | Fleiter, T. et al. (2012) | Energy efficiency in the German pulp and paper industry - A model-based assessment of saving potentials | Energy | - | - | - | - |
| 57 ^(b) | Vikhorev, K.; Greenough, R.; Brown, N. (2013) | An advanced energy management framework to promote energy awareness | Journal of Cleaner Production | - | - | - | - |
| 58 ^(b) | Christoffersen, L. B.; Larsen, A.; Togeby, M. (2006) | Empirical analysis of energy management in Danish industry | Journal of Cleaner Production | - | - | - | - |
| 59 ^(b) | Caperhart, W.; Turner, W. C.; Kennedy, W. J. (2003) | Guide to Energy Management | The Fairmont Press and Marcel Dekker Inc | - | - | - | - |
| 60 ^(b) | Turner, W. C.; Doty, S. (2007) | Energy Management Handbook | The Fairmont Press | - | - | - | - |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|---------------------------------|--|--|----------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 61 ^(c) | Fernando Deschamps et al (2012) | Characterization of process related models for enterprise engineering | ICIEOM | - | - | - | - |
| 62 ^(c) | Liles et al (1996) | The Enterprise Engineering Discipline | Automation & Robotics Research Institute | - | - | - | - |
| 63 ^(c) | Hoogervorst (2009) | Enterprise Governance and Enterprise Engineering | Springer | - | - | - | - |
| 64 ^(c) | Chen, Vernadat (2002) | Standards on enterprise integration and engineering - state of the art | International Journal of Computer Integrated Manufacturing | - | - | - | - |
| 65 ^(c) | Kim et al. (2001) | Development of an integrated methodology for enterprise engineering. | International Journal of Computer Integrated Manufacturing | - | - | - | - |
| 66 ^(c) | Mertins, Jochem (2005) | Architectures, methods and tools for enterprise engineering. | International Journal of Production Economics. | - | - | - | - |
| 67 ^(c) | Weske, M. (2007) | Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures | Livro | - | - | - | - |
| 68 ^(d) | Guédria (2012) | A contribution to Enterprise Interoperability Maturity Assessment | Tese | - | - | - | - |
| 69 ^(d) | Panetto, Molina (2008) | Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: trends and issues. | Computers in Industry | - | - | - | - |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|---|---|--|----------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 70 ^(d) | Vernadat (2002) | Enterprise modeling and integration (EMI) current status and research perspectives | Annual Reviews in Control | - | - | - | - |
| 71 ^(d) | Vernadat (2007) | Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods. | Annual Reviews in Control | - | - | - | -- |
| 71 ^(d) | Vernadat (2009) | Technical, Semantic and Organizational Issues of Enterprise Interoperability and Networking | Annual Reviews in Control | - | - | - | - |
| 72 ^(d) | Jovanovic, B.; Filipovic, J. (2016) | ISO 50001 standard-based energy management maturity model - proposal and validation in industry | Journal of Cleaner Production | - | - | - | - |
| 73 ^(d) | Saaty, T. L. (1990) | How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process | European Journal of Operational Research | - | - | - | - |
| 74 ^(d) | Saaty, T. L. (2008) | Decision making with the Analytic Hierarchy Process | Int. J. Services Sciences | - | - | - | - |
| 75 ^(d) | Chen, D.; Doumeingts, G.; Vernadat, F. (2008) | Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future | Computers in Industry | - | - | - | - |
| 76 ^(d) | Benguria, G.; Santos, I. (2008) | SME Maturity, Requirement for interoperability | European Software Institute | - | - | - | - |
| 77 ^(d) | Panetto, H. (2007) | Towards a classification framework for interoperability of enterprise applications | International journal of Computer Integrated Manufacturing | - | - | - | - |

| Índice | Autor (Ano) | Título do Artigo | Periódico onde foi publicado | Tipo de estudo | Tipo de Indústria | Localização Geográfica | Nº de Citações |
|-------------------|-----------------------------------|---|--|----------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 78 ^(d) | Legner, C. Wende, K. (2006) | Towards an Excellence Framework for Business Interoperability | 19th Bled e Conference e Values | - | - | - | - |
| 79 ^(d) | Yahia, E. (2010) | Contribution a L'Evaluation de L'Interoperabilite semantique entre systemes D'Information D'Enterprises: Application aux systemes | D'Information de pilotage de La production | - | - | - | - |
| 80 ^(d) | Cornu, C. et al. (2012) | Customizable Interoperability Assessment Methodology to support technical processes deployment in large companies | Annual Reviews in Control | - | - | - | - |

Fonte: O autor, 2018.

APÊNDICE B - DOCUMENTO DE AVALIAÇÃO - QUESTIONÁRIO DELPHI

Quadro B.1 - Questionário Delphi ações técnicas e gerenciais recomendadas

| Questionário Delphi | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------|-----------------------|----------|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| Assinale as questões, de acordo com a sua opinião e conforme escala abaixo, a respeito das ações técnicas e gerenciais recomendadas para a gestão da energia na indústria energo-intensiva. | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | |
| Concordo Totalmente | Concordo | Concordo Parcialmente | Discordo Parcialmente | Discordo | Discordo Totalmente | | | | | | |
| Parte 1 – AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS - SGE GESTOR ENERGÉTICO | | | | | | | | | | | |
| | Questões | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | O Gestor energético deveria ser líder, motivador, solucionador de problemas e com capacidade de tratar com objetivos diferentes. | | | | | | | | | | |
| 2 | O Gestor energético deveria ser experiente em questões energética e disponível para treinamento / certificação. | | | | | | | | | | |
| 3 | O Gestor energético deveria ter habilidades sociais e capacidade de interconectar atividades entre diferentes grupos de trabalho. | | | | | | | | | | |
| Parte 2 – AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS - SGE EQUIPE DE GESTÃO DA ENERGIA (EGE) | | | | | | | | | | | |
| 4 | A EGE multifuncional motivada em estrutura <i>Ad hoc</i> (propósito definido), como uma proposição inicial de estabelecimento de uma equipe de gestão da energia. | | | | | | | | | | |
| 5 | A EGE deveria, juntamente com a Alta direção, definir papéis, responsabilidades, posição e autoridade para o desenvolvimento das atividades do SGE. | | | | | | | | | | |
| 6 | A EGE deveria elaborar seu plano de trabalho, que entre outras atividades, precisa acompanhar faturas de energia elétrica, gás, combustíveis relevantes, consumo de água, etc. | | | | | | | | | | |
| 7 | A EGE deveria disciplinar e apoiar o processo de comunicação e documentação (papel, meio eletrônico, ou qualquer outro meio) do SGE. | | | | | | | | | | |
| 8 | A EGE deveria incentivar e conduzir providências para disponibilizar aos funcionários da empresa educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (energético), para que haja conscientização, competência e mudança da cultura organizacional, inclusive da própria EGE. | | | | | | | | | | |
| 9 | A EGE deveria conduzir a revisão energética e seus desdobramentos no cumprimento dos objetivos, metas energéticas e planos de ação na empresa. A revisão energética pode estar na responsabilidade da área funcional da engenharia. | | | | | | | | | | |
| 10 | A EGE deveria coordenar/ apoiar as atividades de certificações energéticas (inclusive ISO 50001), controle de inventário de gases de efeito estufa e <i>benchmarking</i> energético. | | | | | | | | | | |
| 11 | A EGE deveria coordenar, na etapa de verificação, as atividades de monitoramento, medição, análise (preferencialmente usando também o PIMVP) e avaliação de conformidades com requisitos legais. Devem ser tratadas as não conformidades com ações corretivas e preventivas. | | | | | | | | | | |
| Parte 3 - AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS - SGE ALTA DIREÇÃO | | | | | | | | | | | |
| 12 | A Alta direção deveria declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE e estabelecer uma política energética. | | | | | | | | | | |
| 13 | A Alta direção deveria incorporar estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas. | | | | | | | | | | |
| 14 | A Alta direção deveria indicar um representante com a função de gestor energético e aprovar equipe de gestão da energia declarando apoio ao SGE. | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|--|--|
| 15 | A alta direção poderia (tendo em vista o trabalho voluntário da EGE), reconhecer as iniciativas e o bom desempenho, recompensando a equipe com prêmios e bônus financeiros. | | | | | | |
| 16 | A Alta direção deveria identificar o escopo (abrangência de atividades, instalações e decisões) e fronteiras (limites físicos ou locais e/ou organizacionais) do SGE. | | | | | | |
| 17 | A Alta direção deveria apoiar o planejamento energético, garantir IDE e provê os recursos diversos (Inclusive <i>softwares</i> , TIC para integração do SGE a outros sistemas, exemplo: ambiental, qualidade, etc.). | | | | | | |
| 18 | A alta direção deveria aprovar a revisão energética, objetivos, metas energéticas e planos de ação. (Dentro de seus limites orçamentários e eventualmente, contratando especialistas para o assessoramento). | | | | | | |
| 19 | A Alta direção deveria providenciar auditoria interna no SGE e realizar análise crítica do SGE em tempos determinados. | | | | | | |

| Parte 4 - AÇÕES TÉCNICAS E GERENCIAIS RECOMENDADAS - SGE | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|----------|---------------------|---|---|---|---|---|
| EMPRESA | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | |
| Concordo Totalmente | Concordo | Concordo Parcialmente | Discordo Parcialmente | Discordo | Discordo Totalmente | | | | | |
| | | | | | Questões | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 20 | A Empresa, ao adotar práticas “ <i>Best Practice</i> ” do tipo Gestão da Qualidade Total, manufatura de classe mundial entre outras, deveria contemplar aspectos de eficiência energética. | | | | | | | | | |
| 21 | A Empresa deveria incorporar <i>benchmarking</i> energético nas atividades de informações comparativas a serem realizadas interna e externamente. | | | | | | | | | |
| 22 | A Empresa deveria padronizar as atividades de gestão da energia com o mapeamento dos processos para facilitar automação de tarefas, apoio à tomada de decisão, análise de cadeia de valor, detectar pontos fortes / fracos e falhas de integração. | | | | | | | | | |
| 23 | A Empresa deveria adotar o uso de normas padrão de energia ISO 50001 na condição de certificação ou autodeclaração (estágio inicial). | | | | | | | | | |
| 24 | A Empresa deveria verificar a necessidade de contratação de ESCO/especialista. | | | | | | | | | |
| 25 | A Empresa deveria realizar a revisão energética inicial analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração. | | | | | | | | | |
| 26 | A Empresa deveria instituir e controlar IDE. | | | | | | | | | |
| 27 | A Empresa deveria estabelecer linha de base energética utilizando as informações da revisão energética inicial. | | | | | | | | | |
| 28 | A Empresa deveria estabelecer na etapa da implementação e operações os seguintes requisitos para atender ao SGE: (i) educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (para conscientização e competências energéticas); (ii) comunicação; (iii) documentação. | | | | | | | | | |
| 29 | A Empresa deveria estabelecer um controle operacional (manutenção e operação) e um projeto, ambos para atender às instalações, equipamentos, sistemas e processos relacionados ao SGE. | | | | | | | | | |
| 30 | A Empresa deveria instituir procedimentos para aquisição de produtos/equipamentos eficientes energeticamente e especificações para compra de energia. | | | | | | | | | |
| 31 | A Empresa deveria atender à dispositivos legais (específico país), com treinamento dos funcionários em relação à segurança e saúde ocupacional para assuntos energéticos. No Brasil normas regulamentadoras (NR), NR10, NR12 e NR13 entre outras. Também, quando conveniente em aspectos internacionais, adotar OHSAS 18000. | | | | | | | | | |
| 32 | A Empresa deveria identificar e viabilizar fontes de financiamentos para atividades de eficiência energética e apropriar contabilmente custos energéticos por produtos, processos ou outras necessidades. | | | | | | | | | |
| 33 | A Empresa deveria analisar e adotar critérios apropriados de <i>payback</i> em investimentos de substituição de equipamentos e na análise de oportunidades de eficiência energética. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|--|--|
| 34 | A Empresa deveria analisar e realizar a integração do sistema de gestão da energia com outros sistemas compatíveis, tais como: gestão dos processos da produção, qualidade, ambiental, GEE, riscos, ACV, ativos, RSC, SST. | | | | | | |
| 35 | A Empresa deveria identificar e avaliar as melhores práticas BAT nos aspectos de eficiência energética, principalmente no setor produtivo. | | | | | | |
| 36 | A Empresa deveria disponibilizar as ferramentas de TIC para suporte ao SGE. | | | | | | |
| 37 | A Empresa deveria providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real. | | | | | | |
| 38 | A Empresa deveria providenciar a medição setorizada de energia. | | | | | | |
| 39 | A Empresa deveria providenciar a instrumentação de manutenção apropriada para aspectos energéticos. | | | | | | |
| 40 | A Empresa deveria providenciar <i>softwares</i> (programas de computador), e simuladores para diagnose, modelagem e análise estatística de sistemas energéticos. | | | | | | |

Fonte: O autor, 2018.

APÊNDICE C- COMPARATIVO ENTRE SEMMES UTILIZADOS NO BRASIL

Quadro C.1: Comparativo entre Sistemas de Medição e Monitoramento de Energia Elétrica (SEMMES).

| Funções | #Fabricante | Empresas multinacionais de grande porte | | | | Empresa multinacional de pequeno porte | Empresas de pequeno e médio porte sediadas no Brasil | | | |
|-----------------------------------|--|---|----|----|----|--|--|----|----|----|
| | | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 | #9 |
| Gerenciamento da Energia Elétrica | Tensão | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| | Corrente | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| | Geração distribuída- PV,Eólico,GG | • | • | • | | • | | | | • |
| | Potência Aparente | • | • | • | • | • | • | • | | |
| | Potência Ativa | • | • | • | • | • | • | • | • | |
| | Potência Reativa | • | • | • | • | • | • | • | | |
| | Fator de potência | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| | Frequência | • | • | | • | • | | | | |
| | Valores de pico | • | • | | | • | | | | |
| | Qualidade da energia | • | • | • | • | • | • | • | • | |
| | Histórico de demanda | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| | Projeção de demanda | • | • | | • | | • | • | • | |
| | Controle de consumo/ Alarme | • | • | | • | • | • | • | • | • |
| | Rateio de energia | • | • | | | | • | • | • | • |
| | Integração com redes de computadores | • | • | • | • | • | • | • | • | |
| Supervisão em Tempo Real (online) | • | • | • | • | • | • | • | • | | |
| Gerenciamento de Utilidades | Utilidades (água, gás, vapor, ar comprimido, óleo diesel, etc.) | • | • | • | • | • | • | • | • | |
| Parâmetros Ambientais | Processos (vazão, temperatura, pressão, umidade, poluição, etc.) | • | • | • | • | • | • | • | • | |

Fonte: O autor, 2018.

OBS: A seleção foi realizada levando em consideração as características e funcionalidades dos modelos de medidores mais completos oferecidos por cada fabricante. A seleção dos fabricantes foi feita em função das palavras-chave (nome dos fabricantes, suprimidos no Quadro C.1) com maior relevância no site de busca Google.

APÊNDICE D- MACRO PROCESSO DA RE DE UM SGE

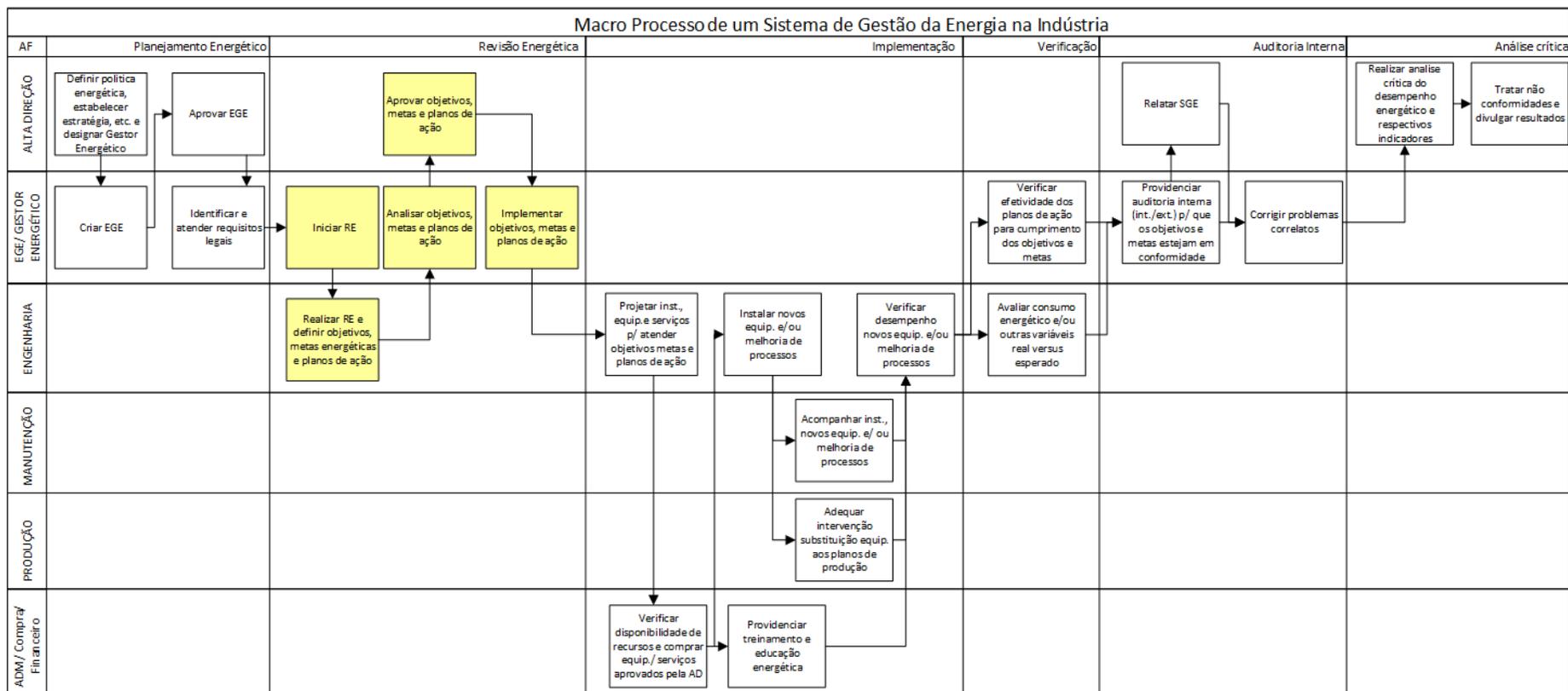
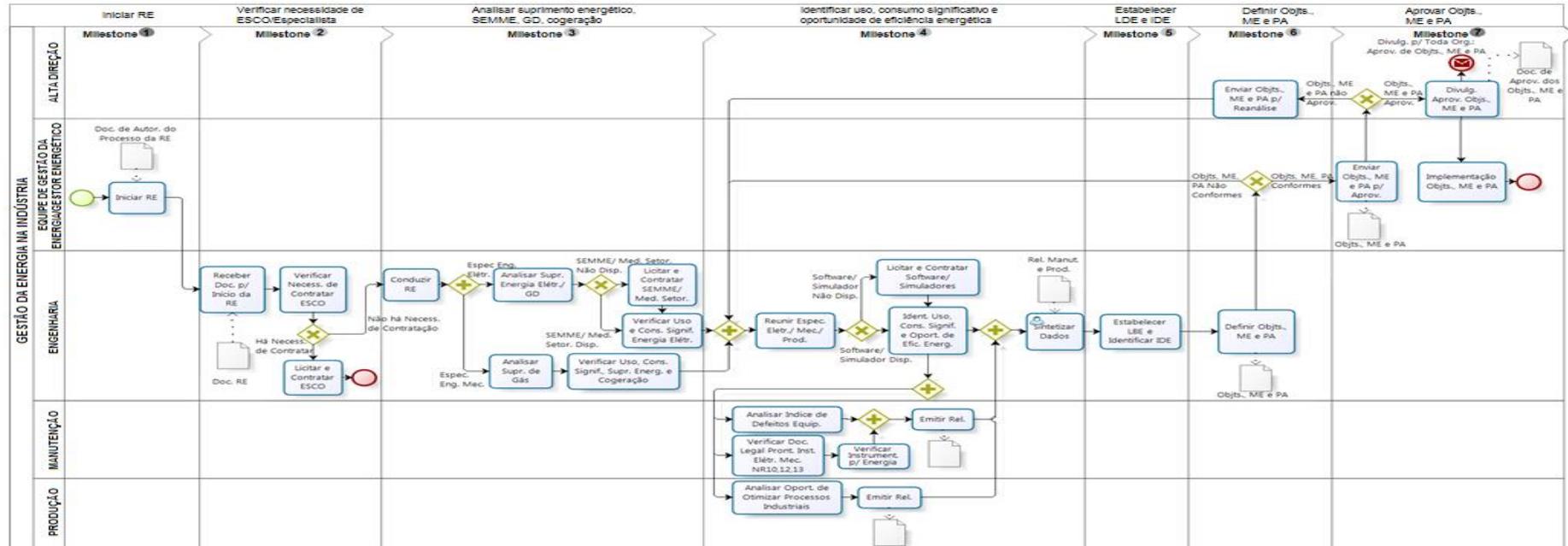


Figura B.1 - Macro fluxograma horizontal do processo de um sistema de gestão da energia na indústria .
 Fonte: O autor, 2018.

APÊNDICE E - MODELAGEM DO PROCESSO DA RE NA NOTAÇÃO BPMN



Legenda:

| | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|--------------------|---|-------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------|--|
| Aprov. Cons. | Aprovação Consumo | Energ. Eng. | Energética(o) Engenharia | Inst. Instrument | Instalação Instrumentação | Necess. NR | Necessidade Norma Regulamentadora | Rel. SEMME | Relatório Sistema Eletrônico de Medição e Monitoramento da Energia |
| Disp. | Disponível | Equip. | Equipamento | LBE | Linha de Base Energética | Oport. PA | Oportunidade Planos de Ação | Signif. Supr. | Significativo Suprimento |
| Divulg. Doc. | Divulgação Documentação | ESCO | Empresa de Serviços de Conservação de Energia Especialidade | Manut. ME | Manutenção Metas Energéticas | Prod. RE | Produção Prontuário | | |
| Efic. Elétr. | Eficiência Elétrica | GD | Geração Distribuída | Mec. Med. | Mecânica Medição Setorizada | | Revisão Energética | | |
| | | IDE | Indicador de Desempenho Energético | Med. Setor. | Medição Setorizada | | | | |

Figura C.1 - Modelagem do processo da revisão energética na notação BPMN.

Fonte: O autor, 2018.

APÊNDICE F - DOCUMENTOS DE AVALIAÇÃO EO – FT#3 E FT#5

FT #3 - Pergunta de Pesquisa (Survey)

Quadro F.1 – Folha Tarefa 3 – Survey.

| Questionário | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|------------------------|---|---|---|--|
| Assinale as questões, de acordo com a sua opinião e conforme a escala abaixo. | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Não Concordo | Concordo Parcialmente | Concordo | Concordo Totalmente | | | | |
| As questões de 1 a 44 referem-se a concepção de processo para um Sistema de Gestão da Energia (SGE), conforme disposto na introdução deste questionário. | | | | | | | |
| Avalie a pertinência das questões abaixo formuladas com respeito à aplicação na empresa em que você atua. | | | | | | | |
| | # | Questões | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Parte 1 - Criação, evolução e compartilhamento do processo | 1.1 | As pessoas envolvidas diretamente nas atividades do processo do SGE devem participar da concepção inicial do processo. | | | | | |
| | 1.2 | As pessoas / empresas externas poderiam participar da concepção inicial do processo. | | | | | |
| | 1.3 | O processo do SGE “em proposição” poderia ter uma fase inicial (autodeclararão) com possibilidade de evolução para uma possível certificação ISO 50001. | | | | | |
| | 1.4 | O processo do SGE “em proposição” traz impactos / reflexos na cadeia de valor existente na empresa. | | | | | |
| | 1.5 | O processo do SGE “em proposição” está apropriado com a cultura organizacional existente na empresa. | | | | | |
| | 1.6 | O processo do SGE “em proposição” está alinhado com os valores organizacionais existente na empresa. | | | | | |
| | 1.7 | O processo deveria prever a existência de mecanismos de detecção de mudanças / melhorias. Esses mecanismos poderiam ser incorporados na concepção do processo do SGE. | | | | | |
| | 1.8 | O processo deveria prever a existência de mecanismos de gestão de mudanças / melhorias. Esses mecanismos poderiam ser incorporados na concepção do processo do SGE. | | | | | |
| Parte 2 - Estrutura, recursos e papéis do processo | 2.1 | Executivos ou diretores executivos devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | | | | | |
| | 2.2 | Os gestores de área ou de departamento devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | | | | | |
| | 2.3 | Os supervisores ou oficiais de secção devem estar diretamente envolvidos na concepção do processo do SGE. | | | | | |
| | 2.4 | Uma diretoria específica deve ser selecionada e ter responsabilidade perante a organização pela criação, organização e condução do processo do SGE. | | | | | |
| | 2.5 | Um gestor energético indicado pela alta direção deve ter a responsabilidade de selecionar uma EGE e conduzir a parte operacional do processo do SGE. | | | | | |
| | 2.6 | Uma EGE composta por representantes de várias áreas da empresa deve ter responsabilidade de atuar no processo do SGE e participar das melhorias do desempenho energético. | | | | | |
| | 2.7 | No processo do SGE “em proposição” são necessárias competências técnicas / tecnológicas para as pessoas participantes. | | | | | |
| | 2.8 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos organizacionais para as pessoas participantes. | | | | | |
| | 2.9 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos de coordenação para as pessoas participantes. | | | | | |
| | 2.10 | No processo do SGE “em proposição” são necessários recursos de comunicação para as pessoas participantes. | | | | | |
| Parte 3 | 3.1 | O nível de compatibilidade do mecanismo de coordenação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--------------|--|----------|---------------------|--|---|---|---|---|
| | 3.2 | O nível de compatibilidade do mecanismo de coordenação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processo da sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.3 | O nível de compatibilidade do mecanismo de sincronismo previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.4 | O nível de compatibilidade do mecanismo de sincronismo previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processo da sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.5 | O nível de compatibilidade do mecanismo de tomada de decisão previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.6 | O nível de compatibilidade do mecanismo de tomada de decisão previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processo da sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.7 | O nível de compatibilidade do mecanismo de delegação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.8 | O nível de compatibilidade do mecanismo de delegação previsto na concepção de processo do SGE está apropriado para funcionamento com outros processo da sua empresa. | | | | | | | |
| | 3.9 | O processo deveria prever a existência de exceções. Essas exceções poderiam ser tratadas na concepção do processo do SGE. | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| | Não Concordo | Concordo Parcialmente | Concordo | Concordo Totalmente | | | | | |
| | # | Questões | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Parte 4 - Desempenho do processo | 4.1 | Os objetivos organizacionais estabelecidos na empresa estão claramente definidos. | | | | | | | |
| | 4.2 | Os objetivos do processo do SGE "em proposição" estão claramente definidos. | | | | | | | |
| | 4.3 | Os objetivos organizacionais que estão relacionados ao processo do SGE "em proposição" estão claramente definidos e deveriam ser divulgados. | | | | | | | |
| | 4.4 | As medidas de desempenho organizacional estão claramente definidas e são divulgadas. | | | | | | | |
| | 4.5 | Para o processo do SGE "em proposição" poderiam haver medidas de desempenho adequadas. | | | | | | | |
| | 4.6 | As medidas de desempenho organizacional que estão relacionadas ao processo do SGE "em proposição" estão claramente definidas e deveriam ser divulgadas. | | | | | | | |
| | 4.7 | Os objetivos de desempenho organizacional estão claramente definidos e são divulgados. | | | | | | | |
| | 4.8 | Os objetivos de desempenho do processo do SGE "em proposição" precisam estar claramente definidos. | | | | | | | |
| | 4.9 | Os objetivos de desempenho organizacional que estão relacionados ao processo do SGE "em proposição" estão claramente definidos e deveriam ser divulgados. | | | | | | | |
| | 4.10 | Para a avaliação do desempenho organizacional deve haver procedimento de coleta de informações adequado. | | | | | | | |
| | 4.11 | Para a avaliação do desempenho do processo do SGE "em proposição" deve haver procedimento de coleta de informações adequado. | | | | | | | |
| | 4.12 | O desempenho do processo do SGE "em proposição" deveria ser muito influenciado pelas experiências das pessoas envolvidas no processo | | | | | | | |
| Parte 5 - Sistemas, informações e tecnologia do processo | 5.1 | No processo do SGE "em proposição" as informações necessárias são claras e são especificadas para atenderem padrões abertos. | | | | | | | |
| | 5.2 | No processo do SGE "em proposição" as interfaces devem ser padronizadas. | | | | | | | |
| | 5.3 | Na concepção do processo do SGE a semântica utilizada é expressa de forma coerente e consistente. | | | | | | | |
| | 5.4 | No processo do SGE "em proposição" as tecnologias e sistemas que devem estar de acordo com as políticas organizacionais da empresa. | | | | | | | |
| | 5.5 | No processo do SGE "em proposição" as tecnologias e sistemas requeridos deveriam ser as melhores tecnologias e sistemas disponíveis. | | | | | | | |

Fonte: O autor, 2018.

FT #5 - Questionário sobre ações técnicas e gerenciais recomendadas

Quadro F.2 – Folha Tarefa 5 – Questionário sobre ações técnicas e gerenciais recomendadas.

| Questionário | | | | | | | | | |
|---|----|--|--|----------|--|------------------------|---|---|---|
| Assinale as questões de acordo com a sua opinião e conforme escala abaixo. | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | | |
| Não Concordo | | Concordo Parcialmente | | Concordo | | Concordo Totalmente | | | |
| As questões de 1 a 12, a seguir, caracterizam-se como frases afirmativas e se referem as ações técnicas e gerenciais recomendadas para um Sistema de Gestão da Energia (SGE), descritas na introdução deste questionário. | | | | | | | | | |
| Avalie a pertinência e/ou a disponibilidade da empresa que você atua para atender as ações técnicas e gerenciais recomendadas. | | | | | | | | | |
| | # | Questões | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Parte 1 – Gestor Energético | 1 | O Gestor energético deva ser líder, motivador, solucionador de problemas e com capacidade de tratar diferentes objetivos. | | | | | | | |
| | 2 | O Gestor energético deva ser experiente em questões energética e com disponibilidade para treinamento / certificação. | | | | | | | |
| | 3 | O Gestor energético deva ter habilidades sociais e capacidade de interconectar atividades entre diferentes grupos de trabalho. | | | | | | | |
| Parte 2 – Equipe de Gestão da Energia (EGE) | 4 | A EGE deva ser multifuncional motivada em estrutura Ad hoc (propósito definido). | | | | | | | |
| | 5 | A EGE deva, juntamente com a Alta direção, definir papéis, responsabilidades, posição e autoridade para o desenvolvimento das atividades do SGE. | | | | | | | |
| | 6 | A EGE deva coordenar, na etapa de verificação, as atividades de monitoramento, medição, análise (preferencialmente usando o PIMVP ou ISO 50015) e avaliação de conformidades com requisitos legais. Devem ser tratadas as não conformidades com ações corretivas e preventivas. | | | | | | | |
| Parte 3 – Alta Direção | 7 | A Alta direção deva declarar o compromisso com a melhoria contínua do SGE, estabelecer uma política energética, incorporar a estratégia energética de longo prazo às demais estratégias corporativas, providenciar auditoria interna no SGE e realizar análise crítica do SGE em tempos determinados. | | | | | | | |
| | 8 | A Alta direção deva apoiar o planejamento energético, garantir IDE e prover os recursos diversos (Inclusive <i>softwares</i> , TIC para integração do SGE a outros sistemas, exemplo: ambiental, qualidade, etc.). | | | | | | | |
| Parte 4 – Empresa | 9 | A Empresa deva realizar a revisão energética inicial analisando: (i) o suprimento de energia elétrica, o gás, etc. e a geração distribuída com preferência por fontes renováveis; (ii) o uso, o consumo significativo, as oportunidades de eficiência energética (BPT) e a cogeração; (iii) estabelecer a LBE e IDE. | | | | | | | |
| | 10 | A Empresa deva estabelecer na etapa da implementação e operações os seguintes requisitos para atender ao SGE: (i) educação, treinamento, segurança e saúde ocupacional (para conscientização e competências energéticas); (ii) comunicação; (iii) documentação. | | | | | | | |
| | 11 | A Empresa deva providenciar o sistema eletrônico de monitoramento e medição de energia em tempo real. | | | | | | | |
| | 12 | A Empresa deva providenciar a medição setorizada de energia. | | | | | | | |

BPT - Best Practice Technology

EGE - Equipe de Gestão da Energia

IDE - Indicadores de Desempenho Energético

LBE - Linha de Base Energética

PIMVP - Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance

SGE - Sistema de Gestão da Energia

TIC - Tecnologia de Informação e Comunicação

APÊNDICE G - DOCUMENTOS DE AVALIAÇÃO – INTEROPERABILIDADE

Documento de avaliação da interoperabilidade

Questionário sobre interoperabilidade intra-organizacional na indústria energo-intensiva.

Prezado Senhor (a), o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS da Pontifícia Universidade Católica do Paraná realiza estudos em sistemas produtivos de manufatura através de projetos de pesquisa em Gestão da Energia (GE), Engenharia Organizacional (EO) e interoperabilidade.

Agradecendo a sua colaboração, solicitamos participação em um estudo sobre aspectos de interoperabilidade intra-organizacional em um sistema de gestão da energia (SGE) implantado em uma indústria energo-intensiva. O estudo está operacionalizado pelo preenchimento de um questionário disposto nas sessões subsequentes.

A interoperabilidade, de um modo geral, pode ser definida como a habilidade ou aptidão de duas entidades (organizações ou sistemas) de entender um ao outro e de funcionarem juntos em um objetivo comum. Dessa forma, a interoperabilidade organizacional (*Enterprise Interoperability* – EI) é a capacidade das empresas interagirem e trocarem informações, tanto internamente (intra-organizacional) quanto com organizações externas (parceiros, fornecedores, clientes, etc.).

Com o objetivo de estudar a interoperabilidade intra-organizacional em empresas que dispõem de sistemas de gestão da energia (SGE) implantados, foi proposto um modelo designado MAIGEI - Modelo de Avaliação da Interoperabilidade da Gestão da Energia na Indústria. O interesse é avaliar o desempenho organizacional de um sistema de gestão da energia utilizando ferramentas de decisão multicritério (método AHP) através de um diagnóstico de interoperabilidade organizacional. O diagnóstico irá fornecer uma medida da compatibilidade entre os órgãos internos da empresa. A participação da empresa no preenchimento do questionário irá auxiliar na identificação de eventuais necessidades de ajustes e melhorias no sistema de gestão da energia já implantado. Para tanto, sugere-se o diagnóstico da interoperabilidade entre os órgãos intra-organizacionais da engenharia e da manutenção.

Informações para o preenchimento do questionário:

As avaliações são referenciais e em pares, ou seja, sempre são realizadas comparações entre dois itens. A comparação par a par consiste em um processo de comparação de entidades aos pares a fim de verificar qual entidade é priorizada (recebe atenção maior) em detrimento de outra (recebe atenção menor), ou ainda, se as duas entidades sob comparação recebem igual atenção.

Para tanto, a estrutura e a escala utilizada no processo de comparação são baseadas em Saaty¹ (1987), onde em cada linha há um vetor que representa a escala de preferência (discretizada em graus de 1 a 9) entre os dois itens. É feita uma diferenciação de cores na escala (cinza claro e escuro) apenas para facilitar a identificação dos itens e auxiliar no processo de comparação. É importante ressaltar que todas as perguntas dispostas no questionário devem ser respondidas, assinalando apenas uma caixa com a “nota” entre 1 e 9 para o item de maior “preferência”, conforme mostrado a seguir:

Quadro 1 - Estrutura geral de comparação entre pares

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|
| Item 1 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Item 2 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|

A interpretação e aplicação da estrutura adotada são simples: se o respondente marcar o número 8 na escala em cinza escuro, entende-se que ele considera o “Item 1” como 8 vezes mais importante/pertinente/adequado que o “Item 2”. É importante lembrar que a comparação em pares implica em um valor inverso de “preferência” ao outro item sob comparação (não escolhido), ou seja: no exemplo acima o “Item 1” recebe “nota 8” na escala de importância/pertinência em relação ao “Item 2”, o que implica que o “Item 2” possui “nota 1/8” na escala de importância/pertinência em relação ao “Item 1”.

Como exemplo, considere a comparação entre esportes (Futebol, Basquete e Vôlei) apresenta a seguir. A escala presente entre dois esportes indica o grau de “preferência” de um esporte em relação ao outro.

Quadro 2 - Comparação entre pares de atributos

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| Futebol | 9 | X | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Basquete |
| Futebol | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | X | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Vôlei |
| Basquete | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | X | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Vôlei |

No exemplo acima, as comparações já foram executadas e as alternativas selecionadas foram marcadas com um “X”. A interpretação bruta das alternativas assinaladas é a seguinte:

¹ Thomas Lorie Saaty foi um matemático, inventor do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para tomada de decisão multicritério.

- Linha 1 – Futebol *versus* Basquete: o entrevistado tem preferência “forte” (grau 8) pelo Futebol em relação ao Basquete;
- Linha 2 – Futebol *versus* Vôlei: o entrevistado tem uma preferência “moderada” (grau 3) pelo Vôlei em relação ao Futebol;
- Linha 3 – Basquete *versus* Vôlei: o entrevistado tem uma preferência “igual” (grau 1) pelo Basquete em relação ao Vôlei.

Todas as comparações do MAIGEI seguem a estrutura e mecanismo expostos no Quadro 1 e Quadro 2, e serão realizadas em três etapas abordando diferentes aspectos da interoperabilidade no domínio da GE na IEI (Etapa 1 – Preocupações; Etapa 2 – Preocupações vs. Barreiras; Etapa 3 – Atributos).

As informações obtidas serão utilizadas única e exclusivamente para fins acadêmicos, ficando a identidade do especialista guardada em absoluto sigilo.

Colocamo-nos à sua disposição no endereço eletrônico e através do telefone para esclarecimento de quaisquer dúvidas. Antecipadamente, agradecemos sua atenção.

Atenciosamente,

Dr. Eduardo de Freitas Rocha
Loures
Professor Orientador

Dr. Edson Pinheiro de
Lima
Co-orientador

Doutorando Vilson Roiz G. Rebelo da Silva
Tel.: 3361-3687 - Cel. 98821-9961
(vilroiz@eletrica.ufpr.br)

Identificação do perfil do especialista.

| | | |
|-----------------------|----------|--|
| Nome do Especialista: | | Formação: Acadêmica Superior/Instituição/Ano de conclusão |
| Tel: () | Cel: () | Titulação: |
| E-mail: | | () Graduação () Mestrado () Doutorado () Pós-Doutorado |

INTRODUÇÃO/CONTEXTO

A questão energética apresenta-se nos dias atuais como de crucial importância para o crescimento econômico sustentável, afetando fortemente toda a sociedade, com reflexos expressivos principalmente nas indústrias de uso intensivo de energia (cimento, ferro e aço, papel e celulose, petroquímica, química, alumínio e vidro) também designadas de indústrias energo-intensivas (IEI).

Os problemas encontrados para uma bem sucedida gestão da energia na indústria apresentam-se na forma de barreiras, que podem ser de origem: (i) externa, tais como mercado, governo/política, fornecedores, tecnologia/serviços, projetistas, fabricantes, fornecedores de energia e financiadores; (ii) intra-organizacional, nos aspectos econômico comportamental e organizacional. Em relação às barreiras organizacionais destacam-se diferentes aspectos: falta de um efetivo gerenciamento (coordenação) interno na empresa, ausência de poder e influência do gestor energético, cultura organizacional conduz a negligenciar aspectos energéticos e ambientais, pequena importância da eficiência energética, interesses divergentes, complexa cadeia de decisão, falta de tempo e falta de controle do tempo.

A interoperabilidade organizacional é a capacidade das empresas interagirem e trocarem informações, tanto internamente (intra-organizacional) quanto com organizações externas (parceiros, fornecedores, clientes, etc.), constituindo-se em uma questão-chave em aspectos econômicos e de sucesso nos negócios.

A interoperabilidade é apresentada na forma de preocupações, que podem ocorrer nos vários níveis da empresa.

- A interoperabilidade dos **Business (negócios)**: deve ser vista como a capacidade organizacional e operacional de uma organização de cooperar com outras organizações externas, ou de áreas internas de uma organização cooperar com outra área. Estas questões abrangem desde a visão e cultura de negócios até o suporte à infra-estrutura de TIC, assim como a compatibilidade entre diferentes estruturas organizacionais, métodos de trabalho, sistemas e regras contábeis, legislação trabalhista etc.;
- A interoperabilidade de **Process (processos)**: tem como objetivo fazer com que vários processos de negócios trabalhem juntos: um processo define a sequência de atividades de acordo com algumas necessidades específicas de uma organização. No caso de redes de empresas, também é necessário estudar como conectar processos internos das duas organizações, ou de duas áreas de uma organização, para criar um processo interorganizacional, ou intra-organizacional no caso de duas áreas internas de uma organização;

- A interoperabilidade dos **Service (serviços)**: preocupa-se com a identificação, composição e execução de vários serviços / aplicações (concebidas e implementadas de forma independente), resolvendo as diferenças sintáticas e semânticas, bem como encontrando as conexões com as várias bases de dados heterogêneas. O termo "serviço" não se limita aos aplicativos baseados em computador; mas também funções de empresas e redes de empresas. A interoperabilidade de serviços lida com a capacidade de trocar serviços entre parceiros;
- A interoperabilidade dos **Data (dados)**: refere-se a operar em conjunto diferentes modelos de dados e o uso das diferentes linguagens de consulta. A interoperabilidade dos dados preocupa-se em encontrar e compartilhar informações provenientes de bancos de dados heterogêneos e que, além disso, podem residir em diferentes máquinas com diferentes sistemas operacionais e sistemas de gerenciamento de bancos de dados. Ela se preocupa com a capacidade de trocar dados não-eletrônicos (documentos) e dados transportáveis por máquina (arquivos de dados, dados armazenados em um banco de dados) e usar os dados / informações trocados. A interoperação de dados pode ocorrer quando dois parceiros simplesmente trocam dois arquivos de dados; ou no caso de interoperabilidade de processos ou interoperabilidade de serviços.

As **barreiras** para a interoperabilidade são divididas em três categorias:

- Barreiras **Conceptual (conceituais)**: estão principalmente relacionados às incompatibilidades sintáticas e semânticas das informações a serem trocadas ou a serem usadas durante uma interoperação. Esses problemas dizem respeito à modelagem no alto nível de abstração, bem como ao nível da programação. Diferenças sintáticas podem ser encontradas sempre que diferentes estruturas são usadas para representar informação e conhecimento. A incompatibilidade sintática pode ser encontrada sempre que pessoas ou sistemas diferentes usam estruturas diferentes para representar informação e conhecimento. E a incompatibilidade semântica a informação e o conhecimento representados na maioria dos modelos ou softwares não têm semântica claramente definida para permitir uma compreensão inequívoca do significado da informação;
- Barreiras **Technological (tecnológicas)**: estas barreiras referem-se ao uso de computador ou TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) para comunicar e trocar informações (por exemplo, arquitetura e plataformas, infraestrutura, etc.). Esses problemas dizem respeito aos padrões para apresentar, armazenar, trocar, processar e comunicar os dados através do uso de computadores;
- Barreiras **Organizacional (organizacionais)**: estão relacionados à definição de responsabilidades e autoridades para que a interoperabilidade possa ocorrer em boas condições. A responsabilidade precisa ser definida para delegar tarefas (processo, dados, software, etc.). Se a responsabilidade em uma empresa não for clara e explicitamente definida, a interoperação entre dois sistemas será obstruída. Autoridade é um conceito organizacional que define quem está autorizado a fazer o quê;

Obs. Ao final deste documento foi inserido um glossário de definições pertinentes ao preenchimento do questionário. Encorajamos a consulta ao glossário na ocasião de quaisquer dúvidas relacionadas à definição e contexto dos termos relacionados à interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva.

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE INTRA-ORGANIZACIONAL

Assinale o questionário de acordo com sua opinião sobre os aspectos da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva. As comparações devem ser realizadas de acordo com as "informações para preenchimento do questionário" dispostas na primeira folha deste documento, de forma que apenas uma célula referente ao nível de importância/pertinência seja assinalada para cada par sob comparação. Ao assinalar a alternativa desejada, deve-se considerar o ponto de vista "como é" e não "como deveria ser".

Encorajamos a consulta ao glossário (inserido ao final deste documento) e à sessão introdução/contexto na ocasião de quaisquer dúvidas relacionadas à definição e contexto dos termos relacionados à interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva.

Etapa 1 – Preocupações

Comparações em pares relacionadas às preocupações da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria ergo-intensiva.

Com relação às **preocupações de interoperabilidade (Business, Process, Service, Data)** dispostas na introdução do questionário, qual aspecto (preocupação, área) da interoperabilidade de um sistema de gestão da energia recebe maior atenção por parte da organização? Ao assinalar a alternativa desejada, considere o ponto de vista de "como é", e não de "como deveria ser". Compare as preocupações de acordo com a "folha de instruções" e assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente ao par sob comparação (apenas uma célula deve ser assinalada em cada comparação).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|
| Business | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Data |
| Business | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Process |
| Business | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service |
| Data | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Process |
| Data | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service |
| Process | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service |

Etapa 2 – Preocupações x Barreiras

Comparações em pares relacionadas às Preocupações x Barreiras da interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria ergo-intensiva.

Com relação às **barreiras de interoperabilidade (Conceptual, Technological, Organizational)** dispostas na introdução do questionário, considerando cada uma das preocupações, qual aspecto (barreira) da interoperabilidade de um sistema de gestão da energia recebe maior atenção por parte da organização? Ao assinalar a alternativa desejada, considere o ponto de vista de "como é", e não de "como deveria ser". Compare as barreiras inseridas em cada uma das preocupações da interoperabilidade de acordo com a "folha de instruções" e assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente ao par sob comparação (apenas uma célula deve ser assinalada em cada comparação).

| Business | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------|
| Business x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Business x Organizational |
| Business x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Business x Technological |
| Business x Organizational | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Business x Technological |
| Process | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Process x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Process x Organizational |
| Process x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Process x Technological |
| Process x Organizational | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Process x Technological |

| Service | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|
| Service x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service x Organizational |
| Service x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service x Technological |
| Service x Organizational | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Service x Technological |
| Data | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Data x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Data x Organizational |
| Data x Conceptual | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Data x Technological |
| Data x Organizational | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Data x Technological |

Etapa 3 – Atributos

Comparações em pares relacionadas aos atributos pertinentes à interoperabilidade no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva.

Com relação aos **atributos pertinentes à interoperabilidade da GE na IEI**, cuja definição e contexto estão dispostos no glossário ao final deste documento: quais atributos pertinentes à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia recebem maior atenção por parte da organização?

- Ao assinalar a alternativa desejada, considere o ponto de vista de "como é", e não de "como deveria ser";
- Compare os atributos inseridos em cada um dos quadrantes da interoperabilidade de acordo com a "folha de instruções" e assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente ao par sob comparação (apenas uma célula deve ser assinalada em cada comparação).

Com relação aos **atributos no quadrante Business x Conceptual (BC)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Competências |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estratégia |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Estratégia | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |

Com relação aos **atributos no quadrante Business x Technological (BT)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por

parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------|
| Colaboração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Comunicação |
| Colaboração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Controle Operacional |
| Colaboração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Colaboração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integração |
| Colaboração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic. |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Controle Operacional |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integração |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic. |
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integração |
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic. |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integração |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic. |
| Integração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic. |

Com relação aos atributos no quadrante Business x Organizational (BO), qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cultura |
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Compromisso |
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Adaptabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Cooperação |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Compromisso |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Cultura | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Compromisso |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Cooperação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |
| Compromisso | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Compromisso | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Compromisso | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------|
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |
| Responsabilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Recursos Humanos |

Com relação aos **atributos no quadrante Process x Conceptual (PC)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Normatização |
| Controle Operacional | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Normatização |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Normatização | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |

Com relação aos **atributos no quadrante Process x Technological (PT)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| Integração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Normatização |
| Integração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Normatização | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |

Com relação aos **atributos no quadrante Process x Organizational (PO)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------|
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Normatização |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Normatização | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Processos |
| Normatização | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |
| Processos | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Responsabilidade |

Com relação aos **atributos no quadrante Service x Conceptual (SC)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|

Com relação aos **atributos no quadrante Service x Technological (ST)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------------|
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integração |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Integração | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |

Com relação aos **atributos no quadrante Service x Organizational (SO)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Estrutura Empresarial |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Competências | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Estrutura Empresarial | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |

Com relação aos **atributos no quadrante Data x Conceptual (DC)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Compatibilidade |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |

Com relação aos **atributos no quadrante Data x Technological (DT)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Compatibilidade |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Comunicação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |

Com relação aos **atributos no quadrante Data x Organizational (DO)**, qual é o atributo pertinente à interoperabilidade de um sistema de gestão da energia que recebe maior atenção por parte da organização? Assinale a célula que contém o nível adequado de importância/pertinência referente a cada comparação entre pares de atributos.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Informação |
| Compatibilidade | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |
| Informação | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tecnologia da Info. / Comunic |

Glossário do documento de avaliação da interoperabilidade – Apêndice G

A. Definição dos atributos pertinentes à interoperabilidade organizacional no domínio da gestão da energia na indústria energo-intensiva.

1) Adaptabilidade (AD): Relacionado à capacidade da organização de se ajustar a novas condições, de mudar ou ser alterada para se adequar ou funcionar melhor em um sistema de gestão da energia (SGE);

2) Colaboração (CL): Relacionada com os órgãos da empresa, na forma de como colaboram em vários projetos comuns durante muito tempo dentro do contexto do SGE. O SGE inclui as atividades associadas ao atendimento dos requisitos previstos na norma ISO 50001;

3) Compatibilidade (CT): Diferentes estruturas para representar informação e conhecimento onde a semântica, a sintática e a técnica são claramente definidas para não permitir a compreensão inequívoca do significado de informações relacionadas ao SGE;

4) Competências (CP): A organização deve assegurar que qualquer pessoa que trabalhe relacionada com o SGE, a usos significativos de energia, seja competente com base numa apropriada educação, treinamento, habilidades e experiência;

5) Compromisso (CS): Relacionado ao estado ou qualidade de um empregado ou de um órgão da empresa de ser dedicado ao SGE ou a uma causa, atividade, etc. Atitude de trabalhar muito para fazer ou apoiar um sistema de gestão da energia;

6) Comunicação (CM): A organização deve estabelecer, implementar e manter um procedimento(s) para comunicação interna referente ao seu desempenho energético. Convém que a organização assegure conscientização, entendimento, comprometimento e participação de que o pessoal em todos os níveis da organização seja incentivado a fazer proposta de melhoria para o SGE. Também refere-se a interligação de sistemas e equipamentos utilizados no SGE;

7) Controle Operacional (CO): Planejamento de operações do SGE. Capacidade de atender com os insumos energéticos a solicitação de cliente, abastecimento de bens ou serviços. Preparo ou fabricação de produtos. Entrega de produtos acabados em conformidade e com qualidade;

8) Cooperação (CR): Relacionamento entre os órgãos internos da empresa mais eficiente e eficaz, que determina as relações de confiança e compromisso na produção e na melhoria dos processos internos;

9) Cultura (CA): Conjunto de atitudes, valores, metas e práticas compartilhadas que caracterizam uma organização. A maneira de pensar, comportar-se ou trabalhar que existe na organização com respeito ao SGE;

10) Estratégias (ES): Planejamento e gerenciamento comum dos procedimentos de atividades do SGE tais como estratégias energéticas de médio e longo prazo incorporadas às demais estratégias corporativas;

11) Estrutura Empresarial (EE): A estrutura na qual a organização define como as tarefas são divididas, os recursos são distribuídos e os departamentos são coordenados;

12) Informação (IF): Relacionada com a capacidade de trocar conteúdos sobre o SGE entre órgãos da empresa, e utilizar estes conteúdos, documentos, e arquivos de dados para estabelecer melhorias no desempenho energético, e estabelecer vantagens competitivas;

13) Integração (IT): Aplicações existentes que permitem o acesso aos dados dos órgãos da empresa facilitando a análise e tomada de decisão através de uma tecnologia padrão que permite a padronização das atividades. A integração entre as ações técnicas e gerenciais precisam estar presentes para um bem sucedido SGE. A potencial integração com outros sistemas de gestão (produção, qualidade, ambiental, riscos, ativos, RSC, SST, etc.) deve ser encorajada pela organização;

14) Normatização (NO): Observam padrões e normas técnicas internas e externas, que objetiva padronizar processos, conformidade e qualidade do SGE;

15) Processos (PR): Documentar como as atividades do SGE são organizadas, quem faz o quê e qual informação é utilizado e criada em cada etapa do SGE. Compreende também a preocupação com melhorias dos processos internos e externos com o objetivo de garantir a integração entre os órgãos da empresa;

16) Recursos Humanos (RH): Recursos humanos adequados a operar o SGE, inclusive considerados nos processos de seleção dos objetivos, metas e planos de ação. São os facilitadores para as relações de interoperabilidade;

17) Responsabilidade (RE): Deve ser definida claramente na relação entre órgãos da empresa envolvidos no SGE, aplicada na compatibilidade na troca de dados, na coordenação, nos processos de trabalhos comuns, bem como na linguagem sistêmica, conceitos e práticas comercial;

18) Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC): Assegura que o significado preciso da informação trocada no SGE é compreensível por qualquer outro aplicativo que não tenha sido inicialmente desenvolvido para esta finalidade. Possui compatibilidade conceitual e tecnológica.

B. Conjunto de barreiras organizacionais descritas na literatura científica. Relações estabelecidas entre os atributos (interligação dos domínios GE/IEI e IO/AIO) e as barreiras organizacionais à adoção de sistemas de gestão da energia.

| # | Barreira Organizacional | Autor(es) | Atributo(s) relacionado(s) (SIGLA) |
|----|--|--|------------------------------------|
| 1 | Falta de um efetivo gerenciamento interno na empresa | Groot (2001) Aflaki (2013) | Estrutura Empresarial (EE) |
| 2 | Complexa cadeia de decisão | Sorrell (2006) Cagno (2013) | Responsabilidade (RE) |
| 3 | Ausência de poder e influência do gestor energético | Sorrell (2006) Thollander e Ottosson(2008) Palm (2010) Bunse (2010) Dobes (2012) | Competência (CP) |
| 4 | Falta de comunicação entre plantas | Worrell (2011) | Comunicação (CM) |
| 5 | Cultura organizacional que conduz a negligência de aspectos energéticos e ambientais | Sorrell (2006) Palm (2010) Bunse (2010) Trianni (2013) Dobes (2012) | Cultura (CA) |
| 6 | Pequena importância do programa de eficiência energética | Groot (2001) Sorrell (2006) Sardianou (2007) Thollander e Ottosson (2008) Worrell (2008) Trianni (2013) Fleiter (2012) | Cultura (CA) |
| 7 | Pequeno entendimento de como criar apoio para um projeto de eficiência energética | Worrell (2011) | Informação (IF) |
| 8 | Inércia organizacional para mudança da situação vigente | Worrell (2011) | Adaptabilidade (AD) |
| 9 | Interesses divergentes | DeCanio (1997) Cagno (2013) | Compatibilidade (CT) |
| 10 | Falta de controle interno | Sorrell (2006) Cagno (2013) | Controle Operacional (CO) |
| 11 | Atitudes da liderança (alta direção) com foco em evitar novos custos | Fawkes (2016) | Responsabilidade (RE) |
| 12 | Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa | Fawkes (2016) | Colaboração (CL) |
| 13 | Cultura corporativa resistente a novas ideias de melhoria | Fawkes (2016) | Cultura (CA) |
| 14 | Falta de um forte compromisso corporativo para melhorar a gestão da energia | Worrell (2011) | Compromisso (CS) |
| 15 | Falta de apoio para aplicação de normas nacionais ou internacionais de SGE (situação atual no Brasil) | Ates e Durakbasa(2011) ISO (2007) | Normatização (NO) |
| 16 | Ausência de uma estratégia energética de longo prazo | Thollander e Ottosson (2008) | Estratégia (ES) |
| 17 | Recursos Humanos com conhecimento e treinamento inadequado são uma barreira potencial para implementação de um SGE | Rossiter (2015) | Recursos Humanos (RH) |

| | | | |
|----|--|-------------------------------------|--|
| 18 | Falta de transparência do processo de gestão da energia | Schulze (2016) | Processos (PR) |
| 19 | Ausência de integração com outros sistemas de gestão (ambiental) | Amundsen (2000) | Integração (IT) Tecnologia da Informação / Comunicação (TIC) |
| 20 | Colaboração insuficiente entre as partes interessadas da empresa Na implementação do plano de ação a cooperação de pessoas chaves em diferentes níveis dentro da organização é fator para o sucesso do SGE | Fawkes (2016) EPA (2006) | Cooperação (CR) |
| 21 | Falta de medição, monitoramento do uso da energia usos de TIC | Ates e Durakbasa (2011) | Tecnologia da Informação/Comunicação (TIC) |
| 22 | Falta de compartilhamento de objetivos | DeCanio (1997) Thollander (2008) | Colaboração (CL) |
| 23 | Falta de sinergia entre as partes interessadas | Ates e Durakbasa (2011) | Colaboração (CL) |

APÊNDICE H - DESCRIÇÃO DOS ATRIBUTOS E REFERENCIAIS

Quadro H.1 – Quadro com descrição dos atributos.

| Atributo | Descrição | Referencias |
|-----------------|--|---------------------------------|
| Adaptabilidade | A adaptabilidade de um sistema é um fator importante. Um sistema que pode reagir às mudanças e adaptar sua estrutura ou comportamento de acordo, mantendo seu objetivo original tem um maior potencial de interoperabilidade. | (GUÉDRIA, 2012). |
| Adaptabilidade | A medição da potencialidade diz respeito à identificação de um conjunto de propriedades do sistema que têm impacto no desenvolvimento da interoperabilidade. O objetivo é avaliar a potencialidade do sistema para evoluir dinamicamente para se adaptar e acomodar em relação aos potenciais parceiros. Por exemplo, um sistema aberto possui maior potencial de interoperabilidade do que um sistema fechado. | (DACLIN et al, 2006). |
| Colaboração | Empresa colaborativa é definida como uma organização que permite que às empresas a colaborar em vários projetos comuns durante muito tempo. A cadeia de fornecimento inclui todas as atividades associadas à transformação e circulação de bens e serviços. | IDEAS Blanc 2005 |
| Colaboração | Interoperabilidade organizacional é definida como a capacidade das empresas colaborarem de maneira eficiente preservando suas próprias identidades e suas maneiras de fazer negócio por meio de mecanismos que funcionam como facilitadores. Neste contexto, preservar sua identidade significa que a empresa não precisa modificar suas estruturas e processos para atingir a compatibilidade com as outras empresas. | (CHALMETA, 2011) |
| Compatibilidade | Aspectos semânticos, definidos como a capacidade de agregar partes, ou sincronizar dados / informações através de sistemas de informação heterogêneos. | EIF Vernadat 2009 |
| Compatibilidade | Assegurar que o significado preciso da informação trocada é compreensível por qualquer outro aplicativo que não tenha inicialmente desenvolvido para esta finalidade. Os sistemas combinam informações recebidas com outros recursos de informação e irão processá-la de uma forma significativa. | ATHENA V10 |
| Compatibilidade | Um dos grandes problemas enfrentados pelas organizações quando se trata de estabelecer relações de trabalho eficientes de colaboração é a falta de compatibilidade cultural, conceitual, organizacional, processual e tecnológica. | CHEN e DOUMEINGTS (2003). |
| Compatibilidade | O processo de estabelecer objetivos e encontrar oportunidades de melhoria é um processo contínuo. A melhoria contínua pode alcançar melhorias no desempenho energético global, compatível com a política energética da organização. | ISO 50001:2011 |
| Competência | A organização deve assegurar que qualquer pessoa que trabalhe relacionada a usos significativos de energia, seja competente com base numa apropriada educação, treinamento, habilidades e experiência. | ISO 50001:2011 |
| Competência | Como um primeiro passo no processo de planejamento, um representante para o gerenciamento da energia (Gestor energético) é nomeado pela alta direção na empresa, para a implementação do sistema de gestão da energia. Seu papel e autoridade devem ser documentados e comunicados aos outros | DIN EN 16001 |

| | funcionários. Para poder realizar suas tarefas, ele / ela precisa da necessária competência, motivação e apoio da alta direção. | |
|-------------|---|----------------------------|
| Competência | As pessoas que trabalham para ou em nome da organização e realizam tarefas associadas aos usos significativos de energia identificados devem ser competentes com base em educação, treinamento, habilidades ou experiência. Registros de competência devem ser mantidos. | ANSI/MSE 2000 |
| Atributo | Descrição | Referencias |
| Compromisso | A política energética deve declarar o comprometimento da organização para atingir a melhoria do desempenho energético. A alta direção deve definir a política energética e garantir que esta: a) Seja apropriada a natureza e escala do uso e consumo de energia da organização; b) Inclua um comprometimento para melhoria contínua de desempenho energético; c) Inclua um comprometimento para garantir a disponibilidade de informações e de recursos necessários para atingir objetivos e metas; d) Inclua um comprometimento para cumprir com os requisitos legais aplicáveis e outros requisitos aos quais a organização subscreve em relação a eficiência, uso e consumo de energia; | ISO 50001:2001 |
| Compromisso | Para o sucesso a longo prazo de um sistema de gestão da energia, a motivação dos funcionários e o compromisso demonstrado para com o sistemas são de grande importância. Isso inclui todos os níveis e funções de uma organização e começa no nível de gerenciamento mais alto de uma empresa, a alta gerência. | DIN EN 16001 |
| Compromisso | A alta direção deve demonstrar compromisso com o sistema de gerenciamento de energia e melhorar continuamente a sua eficácia atuando em: a) estabelecer a política energética; b) incluir considerações de energia no planejamento estratégico organizacional; c) comunicar à organização a importância do gerenciamento de energia. d) assegurar que os objetivos de energia sejam estabelecidos e atendidos; e) fornecer os recursos necessários para estabelecer, implementar, manter e melhorar o sistema de Gestão da Energia. | ANSI/MSE 2000 |
| Comunicação | Com uma equipe claramente definida, responsabilidades atribuídas, transferência de informações e fluxo de comunicação, o sistema de gerenciamento de energia pode funcionar efetivamente, não importa como o escopo é definido. | ANSI/MSE 2000 |
| Comunicação | Semântica de integração de aplicativos, integração de aplicações sintáticas. | IDEAS Chen (2008) |
| Comunicação | A organização deve estabelecer, implementar e manter um procedimento(s) para comunicação interna referente ao seu desempenho energético. | ISO 50001:2011 |
| Comunicação | A organização deve decidir se deve comunicar externamente sobre o seu sistema de gestão energética e desempenho energético e deve documentar sua decisão. Se a decisão for para comunicar externamente, a organização deve estabelecer e implementar um método para esta comunicação externa. | ISO 50001:2011 |
| Cultura | Uma organização cria sua própria cultura, incluindo valores como apoiar os membros da organização, preocupações ambientais e compromisso moral com a EE. Esta cultura organizacional é importante ao tentar influenciar uma organização, porque afeta positivamente ou negativamente indivíduos e grupos em relação, por exemplo, à adoção de medidas de EE. | (THOLLANDER e PALM, 2013). |

| | | |
|----------------------|---|----------------------------|
| Cultura | A interoperabilidade semântica e o intercâmbio de conhecimento são o objetivo final de um esforço de interoperabilidade. O entendimento comum dos modelos que conduzem a uma melhor compreensão dos processos leva ao objetivo final da interoperabilidade pragmática, onde os remetentes e receptores têm as mesmas ações no mesmo processo. Para essa ação e entendimento comuns, as questões culturais devem ser identificadas e abordadas. | (WHITMAN e PANETTO, 2006). |
| Cultura | A cultura é um fator importante ao se esforçar para mudar uma organização, uma vez que a cultura governa o comportamento dos indivíduos do grupo e é o comportamento deles que cria os resultados da organização. Se ocorrerem alterações importantes na organização, o comportamento entre os indivíduos deve mudar. A longo prazo, isso irá mudar a cultura organizacional, uma mudança que é necessária, se os indivíduos dentro da organização devem manter seu comportamento alterado. | (JOHANSSON et al, 2011). |
| Atributo | Descrição | Referencias |
| Controle Operacional | As seguintes etapas devem ser consideradas para garantir uma implementação efetiva do sistema de gestão da energia (SGE): 1. Garantir os recursos necessários para a implementação do SGE e estabelecer um plano de ação 2. Aumentar e conscientizar 3. Treinar os funcionários 4. Comunicação do SGE 5. Documentação do SGE e acompanhamento da documentação 6. Controle operacional de todos os relevantes Processos, incluindo aquisição, compra e manutenção. | DIN EN 16001 |
| Controle Operacional | O propósito dos controles operacionais é trazer significantes usos de energia para uma operação eficiente e sustentável. À medida que os usos significativos iniciais são controlados, o controle operacional pode ser estendido a outros equipamentos e sistemas. Eventualmente, à medida que o sistema de gerenciamento amadurece, todos os equipamentos, sistemas e processos podem ser governados por controles operacionais apropriados. | ANSI/MSE 2000 |
| Controle Operacional | A organização deve identificar e planejar aquelas operações que são associadas com o uso significativo de energia e que são compatíveis com sua política energética, objetivos e metas. | ISO 50001:2011 |
| Cooperação | A forma como essa cooperação evolui depende das estratégias e práticas das partes. | Vanalle et al (2011) |
| Cooperação | A base da integração pode, portanto, ser caracterizada pela cooperação, colaboração. | Wong et al (2008) |
| Cooperação | Na prática, a realização das cooperações depende fortemente da eficácia da interoperabilidade entre os sistemas participantes. Ou seja, os sistemas devem ser minimamente interoperáveis entre si para completar o objetivo deste sistema global. | Panetto et al 2012 |
| Estratégia | Estabelecimento de metas de economia de energia, determinando a estratégia, identificando medidas e responsabilidades, fornecendo os recursos necessários, preparando o plano de ação. | DIN EN 16001 |
| Estratégia | A inclusão da gestão energética em um processo de planejamento estratégico ou de longo prazo da organização é também um indicador do comprometimento da alta direção. | ISO 50001:2011 |
| Estratégia | Implementar ações necessárias para atingir os resultados planejados e a melhoria contínua desses processos. | ISO 9001 |

| | | |
|-----------------------|--|-------------------------|
| Estratégia | As técnicas de gerenciamento de crise geralmente geram apenas melhorias de curta duração. A longo prazo, melhorias contínuas no desempenho energético podem ser alcançadas quando uma organização torna o gerenciamento de energia parte de sua estratégia organizacional. | ANSI/MSE 2000 |
| Estrutura Empresarial | Aspectos organizacionais, capacidade das organizações de negócios em alinhar e coordenar os processos de negócios trazendo recursos de colaboração para que ocorra a troca de informações em diferentes estruturas e processos internos. | EIF Vernadat 2009 |
| Estrutura Empresarial | Integração conceitual, que define uma referência de arquitetura que fornece uma base para sistematização de vários aspectos da interoperabilidade. Integração de aplicações, representados por padrões e modelos de domínios de aplicação que podem ser usados para resolver problemas de interoperabilidade. Integração técnica, que incide sobre o desenvolvimento do software e seu ambiente de execução, fornece ferramentas e plataformas de execução para integração de processos, serviços e informações. | ATHENA Vernadat 2009 |
| Estrutura Empresarial | O nível de negócios preocupa-se com todas as questões relacionadas com a organização e gestão de uma empresa (a forma como uma empresa é organizada, como ela funciona para gerar valor, a forma como gere as suas relações, etc.). Ele inclui o modelo de decisão, o modelo de negócio e processos de negócios. | IDEAS Chen 2008 |
| Atributo | Descrição | Referencias |
| Informação | Aspectos organizacionais, capacidade das organizações de negócios em alinhar e coordenar os processos de negócios trazendo recursos de colaboração para que ocorra a troca de informações em diferentes estruturas e processos internos. | EIF Vernadat 2009 |
| Informação | Interoperabilidade abrange além dos fluxos de informações os aspectos organizacionais e humanos. | Chen et al (2008) |
| Informação | Convém que a organização identifique a informação, o conhecimento, o entendimento e as competências necessárias por qualquer pessoa com a responsabilidade e autoridade para realizar tarefas em seu nome. | ISO 50001:2011 |
| Informação | Dignidade de confiança da fonte de informação: conforme expresso na Seção 4.1.1.3, esta situação pode ocorrer quando os fornecedores de tecnologia têm habilidades de comunicação escassas para promover tecnologias eficientes energeticamente ou devido a uma falta de interesse em fornecer informações claras e detalhadas para os clientes. | Cagno et al (2013) |
| Integração | A base da integração pode, portanto, ser caracterizada pela cooperação, colaboração. | Wong et al (2008) |
| Integração | Integração conceitual, que define uma referência de arquitetura que fornece uma base para sistematização de vários aspectos da interoperabilidade. Integração de aplicações, representados por padrões e modelos de domínios de aplicação que podem ser usados para resolver problemas de interoperabilidade. Integração técnica, que incide sobre o desenvolvimento do software e seu ambiente de execução, fornece ferramentas e plataformas de execução para integração de processos, serviços e informações. | ATHENA Vernadat 2009 |
| Integração | Coordenação de empresas, integração de processos de negócios, Integração física. | IDEAS Chen 2008 |

| | | |
|------------------|--|-----------------------------|
| Normatização | A organização deve realizar uma auditoria energética que deve resultar em uma série de medidas de EE que podem ser implementadas. O programa também inclui a implementação de um sistema de gerenciamento de energia, a introdução de rotinas padronizadas para compras e planejamento, resultando em tecnologias eficientes em energia. | THOLLANDER e OTTOSSON, 2010 |
| Normatização | A padronização aumenta a transparência dos processos das empresas, e as partes interessadas podem avaliar mais facilmente o compromisso de uma empresa em melhorar seu desempenho ambiental. | BUNSE et al, 2011 |
| Normatização | Norma especifica os requisitos para um sistema de gestão da energia (SGE) a fim de desenvolver e implementar uma política energética, estabelecer objetivos, metas e planos de ação que levem em consideração requisitos legais e informações relativos ao uso significativo da energia. Um sistema de gestão energética habilita que uma organização atinja compromissos de políticas, tome as medidas necessárias para melhorar o desempenho energético e demonstre a conformidade do sistema aos requisitos desta Norma | ISO 50001:2011 |
| Processo | Assegurar a disponibilidade de recursos e informações necessárias para apoiar a operação e o monitoramento desses processos. | ISO 9001 |
| Processo | As organizações que implementam o ANSI / MSE 2000-2008 reconhecem que o gerenciamento abrangente de energia é fundamental para obter o máximo benefício das melhorias de processos, mudanças operacionais e de manutenção simples e tecnologia de EE avançada. | ANSI/MSE 2000 |
| Processo | A organização deve considerar oportunidades de melhoria no desempenho energético no projeto, modificação e renovação de instalações, equipamentos, sistemas e processos consumidores significativos de energia. Os resultados da avaliação de desempenho energético devem ser incorporados nas especificações e atividades de compra de projetos relevantes | ISO 50001:2011 |
| Atributo | Descrição | Referencias |
| Recursos Humanos | A alta direção pode nomear um representante de gestão energética do nível mais alto da direção, incluindo a alta direção para direcionar as atividades de gestão energética do ponto de vista da gestão. Convém que o comprometimento da alta direção para o sistema de gestão energética e sua melhoria contínua demonstre: b) A disponibilidade de recursos adequados para implementar e operar o sistema de gestão energética. Os recursos incluem os recursos humanos, competências técnicas e tecnologia, especialização, planejamento, recursos financeiros e serviços de energia terceirizados. | ISO 50001:2011 |
| Recursos Humanos | O nível de conhecimento está preocupado com a aquisição, estruturação e representação do conhecimento coletivo / pessoal de uma empresa. Ele inclui o conhecimento de aspectos internos, tais como produtos, a forma como o governo opera e controla, e como o pessoal é gerenciado. | IDEAS Chen 2008 |
| Recursos Humanos | Recursos humanos capacitados para a interoperabilidade. | Guédria 2012 |
| Responsabilidade | Com uma equipe claramente definida, responsabilidades atribuídas, transferência de informações e fluxo de comunicação, o sistema de gerenciamento de energia pode funcionar efetivamente, independentemente da forma como o escopo é definido. | ANSI/MSE 2000 |
| Responsabilidade | A organização deve estabelecer e manter planos de ação de gestão energética para atingir os seus objetivos e metas. Os planos de ação de gestão energética devem incluir: a) designação | ISO 50001:2011 |

| | | |
|------------------|---|-------------------|
| | de responsabilidade; b) recursos e o cronograma em que as metas devem ser atingidas, e c) a definição do método em que a melhoria no desempenho energético será verificada. Os planos de ação de gestão energética devem ser documentados e atualizados em intervalos definidos. | |
| Responsabilidade | A revisão da gestão não é apenas uma avaliação do status quo do SGE, mas também uma ferramenta importante para a identificação de possibilidades para melhorar a EE em sua empresa. A fim de garantir que as sugestões fornecidas pela alta direção também sejam levadas em consideração, a revisão deve ser documentada, por exemplo, sob a forma de um protocolo ou plano de ação. Além disso, as medidas de acompanhamento e as responsabilidades para implementar as sugestões devem ser identificadas. | DIN EN 16001 |
| TIC | Aplicações da Integração e aplicações da interoperabilidade: aplicações existentes que permitem o acesso aos dados da empresa e facilitar a análise e tomada de decisão devem ser integrados através de uma tecnologia padrão que permite a composição a nível dos serviços, proporcionando assim a reutilização e flexibilidade de personalização composição de serviços e implantação. | ATHENA V10 |
| TIC | De um modo geral, por meio destas medidas, as potencialidades de uma empresa para interoperar com um parceiro desconhecido podem ser acessadas, tal como, por exemplo, o uso de padrões, a flexibilidade de sua organização, a abertura de sua infraestrutura de TIC, a existência de seus modelos empresariais, etc. | Chen 2008 |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e padronização são elementos importantes para medir, controlar e melhorar a EE no processo de fabricação. | BUNSE et al, 2011 |

Fonte: O autor, 2018.

APÊNDICE I - RESULTADOS DA ANÁLISE AHP

Relatório Super Decisions – Área Funcional “A” – Respondente 1.

Main menu for Modelo AHP_A1.sdmod

Outline

Main Structures

Report

Outline for Modelo Modelo AHP_A1.sdmod

Modelo AHP_A1.sdmod Model

alternatives follow:

AD

CA

CL

CM

CO

CP

CR

CS

CT

EE

ES

IF

IT

NO

PR

RE

RH

TIC

Main structure of toplevel network

What follows a brief recap of this network.

If you would like to, you can return to the main menu.

| | |
|----------------------------------|--|
| Alternative(s) in it: | AD CA CL CM CO CP CR CS CT EE ES IF IT NO |
|----------------------------------|--|

| | |
|-----------------------|---|
| | <p>PR RE RH TIC</p> |
| Network Type: | Bottom level |
| Formula: | Not applicable |
| Clusters/Nodes | <p>Alternatives (Alternativas - Atributos): <i>Atributos</i></p> <p>AD: <i>Adaptabilidade</i> CA: <i>Cultura</i> CL: <i>Colaboração</i> CM: <i>Comunicação</i> CO: <i>Controle de Operações</i> CP: <i>Competências</i> CR: <i>Cooperação</i> CS: <i>Compromisso</i> CT: <i>Compatibilidade</i> EE: <i>Estrutura Empresarial</i> ES: <i>Estratégia</i> IF: <i>Informação</i> IT: <i>Integração</i> NO: <i>Normatização</i> PR: <i>Processos</i> RE: <i>Responsabilidade</i> RH: <i>Recursos Humanos</i> TIC: <i>Tecnologia da Informação/Comunicação</i></p> <p>Criteria (Critérios - Preocupações):</p> <p>Business: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Negócios</i> Data: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Dados</i> Process: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Processos</i> Service: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Serviços</i> Goal (Objetivo): <i>Avaliação da Interoperabilidade intra-organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>AIO: <i>Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Business): <i>description</i></p> <p>BC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios- Conceitual</i> BO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios- Organizacional</i> BT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios- Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Data): <i>description</i></p> <p>DC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Conceitual</i> DO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Organizacional</i></p> |

| | |
|--|--|
| | <p>DT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Process): <i>description</i></p> <p>PC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Conceitual</i></p> <p>PO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Organizacional</i></p> <p>PT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Service): <i>description</i></p> <p>SC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Conceitual</i></p> <p>SO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Organizacional</i></p> <p>ST: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Tecnológica</i></p> |
|--|--|

Report for toplevel

This is a report for how alternatives fed up through the system to give us our synthesized values. Return to main menu.

Alternative Rankings

| Graphic | Alternatives | Total | Normal | Ideal | Ranking |
|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | AD | 0.0027 | 0.0082 | 0.0378 | 13 |
| | CA | 0.0028 | 0.0085 | 0.0390 | 12 |
| | CL | 0.0001 | 0.0004 | 0.0018 | 18 |
|  | CM | 0.0552 | 0.1657 | 0.7603 | 3 |
| | CO | 0.0073 | 0.0220 | 0.1009 | 9 |
| | CP | 0.0090 | 0.0271 | 0.1243 | 8 |
| | CR | 0.0018 | 0.0054 | 0.0246 | 15 |
| | CS | 0.0016 | 0.0049 | 0.0223 | 16 |
| | CT | 0.0210 | 0.0631 | 0.2897 | 6 |
| | EE | 0.0264 | 0.0792 | 0.3634 | 5 |
| | ES | 0.0058 | 0.0175 | 0.0801 | 10 |
|  | IF | 0.0726 | 0.2179 | 1.0000 | 1 |
| | IT | 0.0027 | 0.0081 | 0.0373 | 14 |
| | NO | 0.0295 | 0.0886 | 0.4065 | 4 |
| | PR | 0.0195 | 0.0584 | 0.2681 | 7 |
| | RE | 0.0054 | 0.0161 | 0.0738 | 11 |
| | RH | 0.0011 | 0.0034 | 0.0158 | 17 |

| | | | | | |
|---|-----|--------|--------|--------|---|
|  | TIC | 0.0685 | 0.2055 | 0.9429 | 2 |
|---|-----|--------|--------|--------|---|

Relatório Super Decisions – Área Funcional “A” – Respondente 2.

Main menu for Modelo AHP_A2.sdmod
Outline
Main Structures
Report

Outline for Modelo AHP_A2.sdmod
Modelo AHP_A2.sdmod Model
alternatives follow:

AD
CA
CL
CM
CO
CP
CR
CS
CT
EE
ES
IF
IT
NO
PR
RE
RH
TIC

Main structure of toplevel network
What follows a brief recap of this network.
If you would like to, you can return to the main menu.

| | |
|------------------------------|--|
| Alternative(s) in it: | AD CA CL CM CO CP CR CS CT EE ES IF IT |
|------------------------------|--|

| | |
|-----------------------|--|
| | <p>NO PR RE RH TIC</p> |
| Network Type: | Bottom level |
| Formula: | Not applicable |
| Clusters/Nodes | <p>Alternatives (Alternativas - Atributos): <i>Atributos</i></p> <p>AD: <i>Adaptabilidade</i> CA: <i>Cultura</i> CL: <i>Colaboração</i> CM: <i>Comunicação</i> CO: <i>Controle de Operações</i> CP: <i>Competências</i> CR: <i>Cooperação</i> CS: <i>Compromisso</i> CT: <i>Compatibilidade</i> EE: <i>Estrutura Empresarial</i> ES: <i>Estratégia</i> IF: <i>Informação</i> IT: <i>Integração</i> NO: <i>Normatização</i> PR: <i>Processos</i> RE: <i>Responsabilidade</i> RH: <i>Recursos Humanos</i> TIC: <i>Tecnologia da Informação/Comunicação</i></p> <p>Criteria (Critérios - Preocupações):</p> <p>Business: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Negócios</i> Data: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Dados</i> Process: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Processos</i> Service: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Serviços</i> Goal (Objetivo): <i>Avaliação da Interoperabilidade intra-organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>AIO: <i>Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Business): <i>description</i></p> <p>BC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Conceitual</i> BO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Organizacional</i> BT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Data): <i>description</i></p> <p>DC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Conceitual</i> DO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Organizacional</i></p> |

| |
|--|
| <p>DT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Tecnológica</i></p> <p>Subcriterias (SubCritérios - Barreiras Process): <i>description</i></p> <p>PC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Conceitual</i></p> <p>PO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Organizacional</i></p> <p>PT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Tecnológica</i></p> <p>Subcriterias (SubCritérios - Barreiras Service): <i>description</i></p> <p>SC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Conceitual</i></p> <p>SO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Organizacional</i></p> <p>ST: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Tecnológica</i></p> |
|--|

Report for toplevel

This is a report for how alternatives fed up through the system to give us our synthesized values. Return to main menu.

Alternative Rankings

| Graphic | Alternatives | Total | Normal | Ideal | Ranking |
|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | AD | 0.0016 | 0.0049 | 0.0176 | 15 |
| | CA | 0.0019 | 0.0058 | 0.0205 | 13 |
| | CL | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 18 |
|  | CM | 0.0395 | 0.1184 | 0.4208 | 4 |
| | CO | 0.0093 | 0.0280 | 0.0995 | 9 |
| | CP | 0.0189 | 0.0566 | 0.2010 | 7 |
| | CR | 0.0022 | 0.0066 | 0.0236 | 12 |
| | CS | 0.0018 | 0.0053 | 0.0188 | 14 |
| | CT | 0.0285 | 0.0855 | 0.3040 | 5 |
| | EE | 0.0072 | 0.0215 | 0.0765 | 10 |
| | ES | 0.0007 | 0.0020 | 0.0070 | 16 |
|  | IF | 0.0938 | 0.2814 | 1.0000 | 1 |
| | IT | 0.0044 | 0.0131 | 0.0466 | 11 |
| | NO | 0.0145 | 0.0435 | 0.1546 | 8 |
|  | PR | 0.0435 | 0.1306 | 0.4640 | 2 |
| | RE | 0.0226 | 0.0678 | 0.2410 | 6 |

| | | | | | |
|--|-----|--------|--------|--------|----|
| | RH | 0.0004 | 0.0011 | 0.0040 | 17 |
| | TIC | 0.0425 | 0.1276 | 0.4536 | 3 |

Relatório Super Decisions – Área Funcional “A” – Respondente 3.

Main menu for Modelo AHP_A3.sdmod

Outline

Main Structures

Report

Outline for Modelo AHP_A3.sdmod

Modelo AHP_A3.sdmod Model

alternatives follow:

AD

CA

CL

CM

CO

CP

CR

CS

CT

EE

ES

IF

IT

NO

PR

RE

RH

TIC

Main structure of toplevel network

What follows a brief recap of this network.

If you would like to, you can return to the main menu.

| | |
|------------------------------|--|
| Alternative(s) in it: | AD CA CL CM CO CP CR CS CT EE ES IF IT NO PR |
|------------------------------|--|

| | |
|-----------------------|---|
| | RE RH TIC |
| Network Type: | Bottom level |
| Formula: | Not applicable |
| Clusters/Nodes | <p>Alternatives (Alternativas - Atributos): <i>Atributos</i></p> <p>AD: <i>Adaptabilidade</i> CA: <i>Cultura</i> CL: <i>Colaboração</i> CM: <i>Comunicação</i> CO: <i>Controle de Operações</i> CP: <i>Competências</i> CR: <i>Cooperação</i> CS: <i>Compromisso</i> CT: <i>Compatibilidade</i> EE: <i>Estrutura Empresarial</i> ES: <i>Estratégia</i> IF: <i>Informação</i> IT: <i>Integração</i> NO: <i>Normatização</i> PR: <i>Processos</i> RE: <i>Responsabilidade</i> RH: <i>Recursos Humanos</i> TIC: <i>Tecnologia da Informação/Comunicação</i></p> <p>Criteria (Critérios - Preocupações):</p> <p>Business: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Negócios</i> Data: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Dados</i> Process: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Processos</i> Service: <i>Preocupação da Interoperabilidade: Serviços</i> Goal (Objetivo): <i>Avaliação da Interoperabilidade intra-organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>AIO: <i>Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Business): <i>description</i></p> <p>BC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Conceitual</i> BO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Organizacional</i> BT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Data): <i>description</i></p> <p>DC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Conceitual</i> DO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Organizacional</i> DT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Process): <i>description</i></p> |

| | |
|--|---|
| | <p>PC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Conceitual</i></p> <p>PO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Organizacional</i></p> <p>PT: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Tecnológica</i></p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Service): <i>description</i></p> <p>SC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Conceitual</i></p> <p>SO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Organizacional</i></p> <p>ST: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Tecnológica</i></p> |
|--|---|

Report for toplevel

This is a report for how alternatives fed up through the system to give us our synthesized values. Return to main menu.

Alternative Rankings

| Graphic | Alternatives | Total | Normal | Ideal | Ranking |
|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | AD | 0.0043 | 0.0129 | 0.0570 | 14 |
| | CA | 0.0276 | 0.0829 | 0.3654 | 3 |
| | CL | 0.0006 | 0.0019 | 0.0086 | 18 |
| | CM | 0.0149 | 0.0446 | 0.1966 | 9 |
| | CO | 0.0208 | 0.0623 | 0.2744 | 6 |
| | CP | 0.0074 | 0.0221 | 0.0976 | 11 |
| | CR | 0.0032 | 0.0096 | 0.0422 | 15 |
| | CS | 0.0016 | 0.0047 | 0.0209 | 17 |
| | CT | 0.0213 | 0.0639 | 0.2815 | 5 |
| | EE | 0.0207 | 0.0622 | 0.2743 | 7 |
| | ES | 0.0044 | 0.0131 | 0.0576 | 13 |
| | IF | 0.0195 | 0.0584 | 0.2575 | 8 |
| | IT | 0.0045 | 0.0134 | 0.0591 | 12 |
|  | NO | 0.0756 | 0.2269 | 1.0000 | 1 |
|  | PR | 0.0738 | 0.2214 | 0.9761 | 2 |
| | RE | 0.0214 | 0.0643 | 0.2833 | 4 |
| | RH | 0.0017 | 0.0052 | 0.0229 | 16 |
| | TIC | 0.0101 | 0.0302 | 0.1331 | 10 |

Planilha de Análise para a Área Funcional "A"

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | Respondente 2 | | | | Respondente 3 | | | | Média Geométrica | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Objetivo | AIO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | Som a |
| Prioridades | 0,09 71 | 0,19 97 | 0,14 09 | 0,56 24 | 0,04 38 | 0,30 64 | 0,21 66 | 0,43 33 | 0,21 97 | 0,60 66 | 0,07 03 | 0,10 34 | 0,11 45 | 0,39 08 | 0,15 11 | 0,34 35 | 1,00 00 |

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Critérios | B | | | P | | | S | | | D | | |
| Subcritérios | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO |
| Prioridades | 0,63 48 | 0,07 80 | 0,28 72 | 0,27 97 | 0,09 36 | 0,62 67 | 0,22 55 | 0,10 07 | 0,67 38 | 0,08 87 | 0,35 22 | 0,55 91 |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | | | P | | | S | | | D | | |
| Subcritérios | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO |
| Prioridades | 0,22 90 | 0,07 54 | 0,69 55 | 0,27 97 | 0,09 36 | 0,62 67 | 0,23 63 | 0,08 19 | 0,68 17 | 0,31 08 | 0,19 58 | 0,49 34 |
| Área - Respondente | Respondente 3 | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | | | P | | | S | | | D | | |
| Subcritérios | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO |
| Prioridades | 0,47 42 | 0,14 94 | 0,37 64 | 0,27 97 | 0,09 36 | 0,62 67 | 0,24 93 | 0,15 71 | 0,59 36 | 0,26 84 | 0,11 72 | 0,61 44 |

| Média Geométrica | B | | | Som a | P | | | Som a | S | | | Som a | D | | | Som a |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | BC | BT | BO | 1,00 00 | PC | PT | PO | 1,00 00 | SC | ST | SO | 1,00 00 | DC | DT | DO | 1,00 00 |
| | 0,44 19 | 0,10 32 | 0,45 49 | | 0,27 97 | 0,09 36 | 0,62 67 | | 0,23 82 | 0,10 96 | 0,65 22 | | 0,20 54 | 0,21 15 | 0,58 31 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Ponderação entre os Critérios e Subcritérios | B | | | P | | | S | | | D | | | Soma |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO | 1,000 |
| | 0,0506 | 0,0118 | 0,0521 | 0,1093 | 0,0366 | 0,2449 | 0,0360 | 0,0166 | 0,0986 | 0,0705 | 0,0726 | 0,2003 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Subcritérios | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
| Atributos | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Prioridades | 0,10 46 | 0,03 51 | 0,12 25 | 0,28 34 | 0,29 87 | 0,15 57 | 0,05 19 | 0,04 08 | 0,27 05 | 0,29 16 | 0,22 27 | 0,12 25 | 0,29 52 | 0,17 46 | 0,11 47 | 0,03 44 | 0,12 11 | 0,12 33 | 0,13 67 |
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | PC | | | | PT | | | | PO | | | | | | | | | | |
| Atributos | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,35 70 | 0,17 23 | 0,23 53 | 0,23 53 | 0,25 99 | 0,32 75 | 0,41 26 | 0,04 75 | 0,55 41 | 0,30 03 | 0,09 81 | | | | | | | | |
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | SC | | | ST | | | SO | | | | | | | | | | | | |
| Atributos | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,20 00 | 0,80 00 | 0,70 89 | 0,11 25 | 0,17 86 | 0,21 74 | 0,58 14 | 0,10 70 | 0,09 42 | | | | | | | | | | |
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | DC | | | | DT | | | | DO | | | | | | | | | | |
| Atributos | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,05 37 | 0,64 57 | 0,19 68 | 0,10 38 | 0,06 54 | 0,64 23 | 0,19 57 | 0,09 66 | 0,09 89 | 0,36 43 | 0,53 68 | | | | | | | | |

| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Subcritérios | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
| Atributos | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Prioridades | 0,13 94 | 0,21 96 | 0,19 35 | 0,19 73 | 0,10 60 | 0,14 41 | 0,03 66 | 0,11 14 | 0,38 40 | 0,25 33 | 0,10 30 | 0,11 16 | 0,16 24 | 0,17 43 | 0,14 55 | 0,12 59 | 0,16 72 | 0,03 67 | 0,18 81 |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | PC | | | | PT | | | | PO | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Atributos | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE |
| Prioridades | 0,31 19 | 0,10 37 | 0,20 29 | 0,38 15 | 0,13 96 | 0,33 25 | 0,52 78 | 0,15 91 | 0,08 65 | 0,43 10 | 0,32 35 |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | SC | | | ST | | | SO | | | | |
| Atributos | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | |
| Prioridades | 0,20 00 | 0,80 00 | 0,31 08 | 0,49 34 | 0,19 58 | 0,37 36 | 0,09 84 | 0,25 16 | 0,27 65 | | |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | DC | | | | DT | | | | DO | | |
| Atributos | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC |
| Prioridades | 0,11 42 | 0,43 35 | 0,29 20 | 0,16 04 | 0,31 11 | 0,34 35 | 0,14 63 | 0,19 90 | 0,13 11 | 0,66 08 | 0,20 81 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Área - Respondente | Respondente 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
| Atributos | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Prioridades | 0,11 04 | 0,05 18 | 0,48 75 | 0,12 53 | 0,16 46 | 0,06 04 | 0,05 93 | 0,09 26 | 0,32 85 | 0,33 58 | 0,10 63 | 0,07 76 | 0,15 64 | 0,05 74 | 0,05 04 | 0,38 81 | 0,16 43 | 0,06 28 | 0,12 06 |
| Área - Respondente | Respondente 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | PC | | | | PT | | | | PO | | | | | | | | | | |
| Atributos | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,30 34 | 0,07 18 | 0,32 13 | 0,30 34 | 0,12 60 | 0,45 79 | 0,41 61 | 0,08 74 | 0,38 49 | 0,38 49 | 0,14 28 | | | | | | | | |
| Área - Respondente | Respondente 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | SC | | | ST | | | SO | | | | | | | | | | | | |
| Atributos | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,50 00 | 0,50 00 | 0,50 00 | 0,25 00 | 0,25 00 | 0,25 50 | 0,49 04 | 0,13 25 | 0,12 22 | | | | | | | | | | |
| Área - Respondente | Respondente 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | DC | | | | DT | | | | DO | | | | | | | | | | |
| Atributos | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Prioridades | 0,29 | 0,20 | 0,24 | 0,24 | 0,29 | 0,20 | 0,24 | 0,24 | 0,59 | 0,24 | 0,15 |
| | 79 | 96 | 63 | 63 | 79 | 96 | 63 | 63 | 36 | 93 | 71 |

| Média | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Geométric a | 0,13 13 | 0,08 26 | 0,25 34 | 0,21 45 | 0,19 43 | 0,12 40 | 0,04 95 | 0,07 68 | 0,33 24 | 0,29 89 | 0,13 79 | 0,10 45 | 0,21 98 | 0,13 52 | 0,10 60 | 0,13 35 | 0,16 77 | 0,07 39 | 0,16 38 |
| Média | PC | | | | PT | | | | PO | | | | | | | | | | |
| | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE | | | | | | | | |
| Geométric a | 0,32 94 | 0,11 08 | 0,25 32 | 0,30 66 | 0,16 88 | 0,37 44 | 0,45 68 | 0,09 84 | 0,29 86 | 0,41 59 | 0,18 70 | | | | | | | | |
| Média | SC | | ST | | | SO | | | | | | | | | | | | | |
| | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | | | | | | | | | |
| Geométric a | 0,28 41 | 0,71 59 | 0,51 78 | 0,25 96 | 0,22 25 | 0,31 26 | 0,34 59 | 0,17 40 | 0,16 75 | | | | | | | | | | |
| Média | DC | | | | DT | | | | DO | | | | | | | | | | |
| | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC | | | | | | | | |
| Geométric a | 0,13 39 | 0,42 57 | 0,26 50 | 0,17 54 | 0,20 24 | 0,39 84 | 0,21 29 | 0,18 64 | 0,23 26 | 0,46 12 | 0,30 61 | | | | | | | | |

| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| | 0,00 66 | 0,00 42 | 0,01 28 | 0,01 09 | 0,00 98 | 0,00 63 | 0,00 06 | 0,00 09 | 0,00 39 | 0,00 35 | 0,00 16 | 0,00 12 | 0,01 15 | 0,00 70 | 0,00 55 | 0,00 70 | 0,00 87 | 0,00 38 | 0,00 85 |

| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | PC | | | | PT | | | | PO | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE | |
| | 0,0360 | 0,0121 | 0,0277 | 0,0335 | 0,0062 | 0,0137 | 0,0167 | 0,0241 | 0,0731 | 0,1019 | 0,0458 | |

| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | SC | | ST | | | SO | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC |
| | 0,0102 | 0,0258 | 0,0086 | 0,0043 | 0,0037 | 0,0308 | 0,0341 | 0,0171 | 0,0165 |

| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | DC | | | | DT | | | | DO | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC |
| | 0,0094 | 0,0300 | 0,0187 | 0,0124 | 0,0147 | 0,0289 | 0,0155 | 0,0135 | 0,0466 | 0,0924 | 0,0613 |

Documentos de Avaliação da Área Funcional "B"

Relatório Super Decisions – Área Funcional "B" – Respondente 1.

Main menu for Modelo AHP_B1.sdmod

Outline

Main Structures

Report

Outline for Modelo AHP_B1.sdmod

Modelo AHP_B1.sdmod Model

alternatives follow:

AD

CA

CL

CM

CO

CP

CR

CS

CT

EE

ES

IF

IT

NO

PR

RE

RH

TIC

Main structure of toplevel network

What follows a brief recap of this network.

If you would like to, you can return to the main menu.

| | |
|------------------------------|--|
| Alternative(s) in it: | AD CA CL CM CO CP CR CS CT EE ES IF IT NO PR RE RH |
|------------------------------|--|

| | |
|-----------------------|---|
| | TIC |
| Network Type: | Bottom level |
| Formula: | Not applicable |
| Clusters/Nodes | <p>Alternatives (Alternativas - Atributos): Atributos AD: Adaptabilidade CA: Cultura CL: Colaboração CM: Comunicação CO: Controle de Operações CP: Competências CR: Cooperação CS: Compromisso CT: Compatibilidade EE: Estrutura Empresarial ES: Estratégia IF: Informação IT: Integração NO: Normatização PR: Processos RE: Responsabilidade RH: Recursos Humanos TIC: Tecnologia da Informação/Comunicação</p> <p>Criteria (Critérios - Preocupações): Business: Preocupação da Interoperabilidade: Negócios Data: Preocupação da Interoperabilidade: Dados Process: Preocupação da Interoperabilidade: Processos Service: Preocupação da Interoperabilidade: Serviços Goal (Objetivo): Avaliação da Interoperabilidade intra-organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</p> <p>AIO: Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva</p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Business): description BC: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Conceitual BO: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Organizacional BT: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Tecnológica</p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Data): description DC: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Conceitual DO: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Organizacional DT: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Tecnológica</p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Process): description PC: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Conceitual</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>PO: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Organizacional</p> <p>PT: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Tecnológica</p> <p>Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Service): description</p> <p>SC: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Conceitual</p> <p>SO: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Organizacional</p> <p>ST: Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Tecnológica</p> |
|--|--|

Report for toplevel

This is a report for how alternatives fed up through the system to give us our synthesized values. Return to main menu.

Alternative Rankings

| Graphic | Alternatives | Total | Normal | Ideal | Ranking |
|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | AD | 0.0012 | 0.0037 | 0.0149 | 14 |
| | CA | 0.0006 | 0.0017 | 0.0070 | 16 |
| | CL | 0.0002 | 0.0006 | 0.0025 | 18 |
|  | CM | 0.0389 | 0.1167 | 0.4699 | 4 |
|  | CO | 0.0385 | 0.1154 | 0.4646 | 5 |
| | CP | 0.0094 | 0.0282 | 0.1136 | 11 |
| | CR | 0.0011 | 0.0032 | 0.0129 | 15 |
| | CS | 0.0025 | 0.0076 | 0.0304 | 12 |
|  | CT | 0.0435 | 0.1305 | 0.5254 | 2 |
| | EE | 0.0110 | 0.0329 | 0.1325 | 9 |
| | ES | 0.0002 | 0.0007 | 0.0027 | 17 |
|  | IF | 0.0828 | 0.2484 | 1.0000 | 1 |
| | IT | 0.0138 | 0.0413 | 0.1664 | 8 |
| | NO | 0.0216 | 0.0648 | 0.2607 | 6 |
| | PR | 0.0168 | 0.0504 | 0.2029 | 7 |
| | RE | 0.0098 | 0.0294 | 0.1184 | 10 |
| | RH | 0.0015 | 0.0045 | 0.0180 | 13 |
|  | TIC | 0.0400 | 0.1200 | 0.4833 | 3 |

Relatório Super Decisions – Área Funcional “B” – Respondente 2.
Main menu for Modelo AHP_B2.sdmod
Outline

Main Structures Report

Outline for Modelo AHP_B2.sdmod
Modelo AHP_B2.sdmod Model
 alternatives follow:

AD
 CA
 CL
 CM
 CO
 CP
 CR
 CS
 CT
 EE
 ES
 IF
 IT
 NO
 PR
 RE
 RH
 TIC

Main structure of toplevel network
 What follows a brief recap of this network.
 If you would like to, you can return to the main menu.

| | |
|------------------------------|---|
| Alternative(s) in it: | AD CA CL CM CO CP CR CS CT EE ES IF IT NO PR RE RH TIC |
| Network Type: | Bottom level |
| Formula: | Not applicable |
| Clusters/Nodes | Alternatives (Alternativas - Atributos): <i>Atributos</i> |

AD: *Adaptabilidade*

CA: *Cultura*

CL: *Colaboração*

CM: *Comunicação*

CO: *Controle de Operações*

CP: *Competências*

CR: *Cooperação*

CS: *Compromisso*

CT: *Compatibilidade*

EE: *Estrutura Empresarial*

ES: *Estratégia*

IF: *Informação*

IT: *Integração*

NO: *Normatização*

PR: *Processos*

RE: *Responsabilidade*

RH: *Recursos Humanos*

TIC: *Tecnologia da Informação/Comunicação*

Criteria (Critérios - Preocupações):

Business: *Preocupação da Interoperabilidade: Negócios*

Data: *Preocupação da Interoperabilidade: Dados*

Process: *Preocupação da Interoperabilidade: Processos*

Service: *Preocupação da Interoperabilidade: Serviços*

Goal (Objetivo): *Avaliação da Interoperabilidade intra-organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva*

AIO: *Avaliação da Interoperabilidade Organizacional da Gestão da Energia na Indústria Energo-Intensiva*

Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Business): *description*

BC: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Conceitual*

BO: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Organizacional*

BT: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Negócios - Tecnológica*

Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Data): *description*

DC: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Conceitual*

DO: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Organizacional*

DT: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação dados - Tecnológica*

Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Process): *description*

PC: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Conceitual*

PO: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Organizacional*

PT: *Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação processos - Tecnológica*

Subcriteria (SubCritérios - Barreiras Service): *description*

| | |
|--|--|
| | <p>SC: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Conceitual</i></p> <p>SO: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Organizacional</i></p> <p>ST: <i>Barreira da interoperabilidade dentro da Preocupação Serviços - Tecnológica</i></p> |
|--|--|

Report for toplevel

This is a report for how alternatives fed up through the system to give us our synthesized values. Return to main menu.

Alternative Rankings

| Graphic | Alternatives | Total | Normal | Ideal | Ranking |
|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | AD | 0.0092 | 0.0276 | 0.1390 | 13 |
| | CA | 0.0277 | 0.0832 | 0.4185 | 5 |
| | CL | 0.0038 | 0.0115 | 0.0581 | 17 |
| | CM | 0.0287 | 0.0862 | 0.4336 | 4 |
| | CO | 0.0302 | 0.0905 | 0.4552 | 3 |
| | CP | 0.0019 | 0.0057 | 0.0287 | 18 |
| | CR | 0.0221 | 0.0664 | 0.3338 | 6 |
| | CS | 0.0123 | 0.0368 | 0.1848 | 10 |
| | CT | 0.0104 | 0.0311 | 0.1565 | 12 |
| | EE | 0.0150 | 0.0450 | 0.2261 | 9 |
| | ES | 0.0072 | 0.0216 | 0.1085 | 15 |
|  | IF | 0.0663 | 0.1989 | 1.0000 | 1 |
| | IT | 0.0073 | 0.0219 | 0.1101 | 14 |
|  | NO | 0.0397 | 0.1190 | 0.5982 | 2 |
| | PR | 0.0192 | 0.0575 | 0.2890 | 7 |
| | RE | 0.0163 | 0.0490 | 0.2463 | 8 |
| | RH | 0.0055 | 0.0164 | 0.0824 | 16 |
| | TIC | 0.0106 | 0.0318 | 0.1599 | 11 |

Planilha de Análise para a Área Funcional "B"

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | Respondente 2 | | | | Média Geométrica | | | | |
|--------------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|--------------|
| Objetivo | AIO | | | | | | | | | | | | |
| Critérios | B | P | S | D | B | P | S | D | B | P | S | D | Soma |
| Prioridades | 0,070 | 0,292 | 0,145 | 0,491 | 0,447 | 0,299 | 0,043 | 0,209 | 0,203 | 0,338 | 0,091 | 0,366 | 1,000 |
| | 6 | 9 | 4 | 0 | 7 | 1 | 9 | 2 | 4 | 6 | 4 | 6 | 0 |

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Critérios | B | | | P | | | S | | | D | | |
| Subcritérios | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO |
| Prioridades | 0,0936 | 0,2797 | 0,6267 | 0,6738 | 0,2255 | 0,1007 | 0,0989 | 0,3643 | 0,5368 | 0,1603 | 0,6908 | 0,1488 |

| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Critérios | B | | | P | | | S | | | D | | |
| Subcritérios | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO |
| Prioridades | 0,3108 | 0,1958 | 0,4934 | 0,4126 | 0,2599 | 0,3275 | 0,3108 | 0,1958 | 0,4934 | 0,4126 | 0,3275 | 0,2599 |

| Média Geométrica | B | | | Soma | P | | | Soma | S | | | Soma | D | | | Soma |
|------------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|
| | BC | BT | BO | 1,000 | PC | PT | PO | 1,000 | SC | ST | SO | 1,000 | DC | DT | DO | 1,000 |
| | 0,177 | 0,243 | 0,578 | | 0,554 | 0,254 | 0,190 | | 0,183 | 0,279 | 0,537 | | 0,276 | 0,511 | 0,211 | |
| | 6 | 6 | 8 | 0 | 5 | 6 | 9 | 0 | 2 | 1 | 8 | 0 | 7 | 7 | 6 | 0 |

| Ponderação entre Critérios e Subcritérios | B | | | P | | | S | | | D | | | Soma |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | BC | BT | BO | PC | PT | PO | SC | ST | SO | DC | DT | DO | |
| | 0,0361 | 0,0495 | 0,1177 | 0,1877 | 0,0862 | 0,0646 | 0,0167 | 0,0255 | 0,0492 | 0,1014 | 0,1876 | 0,0776 | |

| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Subcritérios | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
| Atributos | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Prioridades | 0,1723 | 0,1390 | 0,0297 | 0,1029 | 0,2602 | 0,2959 | 0,0319 | 0,1844 | 0,3531 | 0,2587 | 0,1067 | 0,0652 | 0,0837 | 0,1707 | 0,0756 | 0,0767 | 0,1517 | 0,1009 | 0,3873 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | PC | | | | PT | | | PO | | | |
| Atributos | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE |
| Prioridades | 0,5493 | 0,13 17 | 0,11 68 | 0,20 23 | 0,34 45 | 0,54 69 | 0,10 85 | 0,28 28 | 0,18 90 | 0,11 20 | 0,41 61 |
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | SC | | | ST | | | SO | | | | |
| Atributos | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | |
| Prioridades | 0,666 7 | 0,33 33 | 0,49 34 | 0,31 08 | 0,19 58 | 0,34 68 | 0,23 68 | 0,23 68 | 0,17 95 | | |
| Área - Respondente | Respondente 1 | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | DC | | | | DT | | | | DO | | |
| Atributos | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC |
| Prioridades | 0,0862 | 0,17 80 | 0,46 20 | 0,27 39 | 0,22 93 | 0,26 74 | 0,40 24 | 0,10 09 | 0,13 96 | 0,33 25 | 0,52 78 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | BC | | | | | | BT | | | | | | BO | | | | | | |
| Atributos | CP | CR | CA | ES | EE | IF | CL | CM | CO | EE | IT | TIC | AD | CS | CR | CA | EE | RH | RE |
| Prioridades | 0,0 321 | 0,21 24 | 0,11 32 | 0,15 51 | 0,11 42 | 0,37 31 | 0,13 17 | 0,23 67 | 0,38 80 | 0,11 78 | 0,08 00 | 0,0 457 | 0,1 251 | 0,1 664 | 0,1 667 | 0,3 054 | 0,0 604 | 0,0 742 | 0,1 018 |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subcritérios | PC | | | | PT | | | PO | | | | | | | | | | | |
| Atributos | CO | IF | NO | PR | IT | NO | PR | CM | NO | PR | RE | | | | | | | | |
| Prioridades | 0,4579 | 0,11 12 | 0,36 31 | 0,06 78 | 0,13 96 | 0,52 78 | 0,33 25 | 0,15 44 | 0,33 80 | 0,23 72 | 0,27 04 | | | | | | | | |
| Área - Respondente | Respondente 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| atributos | | | | | | | | | | | |
| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | SC | | ST | | | SO | | | | | |
| | CT | IF | CT | IT | TIC | CP | EE | IF | TIC | | |
| | 0,0065 | 0,0103 | 0,0120 | 0,0099 | 0,0036 | 0,0077 | 0,0133 | 0,0200 | 0,0081 | | |
| Ponderação entre os Subcritérios e atributos | DC | | | | DT | | | | DO | | |
| | CT | CM | IF | TIC | CT | CM | IF | TIC | CT | IF | TIC |
| | 0,0101 | 0,0286 | 0,0469 | 0,0158 | 0,0246 | 0,0480 | 0,0912 | 0,0238 | 0,0147 | 0,0403 | 0,0226 |