

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

FELIPE ARAUJO KLUSKA

**ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO
BASEADA EM PROCESSOS**

CURITIBA

2013

FELIPE ARAUJO KLUSKA

**ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO
BASEADA EM PROCESSOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, com concentração em Sistemas de Manutenção e Processos da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos

CURITIBA

2013

FELIPE ARAUJO KLUSKA

**ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO BASEADA EM
PROCESSOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de concentração: sistemas de manutenção e processos; elaborada na Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador (Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures)
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Co-orientador (Dr. Eduardo Alves Portela Santos)
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Membro Externo (Dr. Agnelo Denis Vieira)
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Cidade, ____ de _____ de 20__.

Dedico os esforços para a realização deste trabalho a todos que acreditam que a vida é mais que a simples existência, e sim, uma grande experiência e tempo para a busca da fé e do conhecimento. Agradeço imensamente a minha família, pois sem o amor deles jamais venceria mais esta etapa da minha vida.

RESUMO

Como o setor de produção está cada vez mais exigente, a competição é uma dimensão proeminente e a busca pela melhoria de processos é uma realidade em evidência no setor de manutenção. A forma de lidar com falhas, quebras e erros de equipamento e sistemas faz com que o período de produção de um processo, ou parte deste, seja afetado e considerado em relação estreita com a manutenção para melhoria de seus indicadores. Desta forma, é necessário compreender e considerar a manutenção como sendo parte integrante dos processos de produção, desde a etapa de concepção do sistema fabril e durante todo o ciclo de vida do sistema de operações.

Motivado por esse cenário, realizou-se um estudo sobre sistemas de gerenciamento da manutenção, CMMS (*Computadorized Maintenance Management System*), a fim de conhecer algumas arquiteturas existentes. Conhecer estas arquiteturas implica em entender melhor os sistemas de gerenciamento da manutenção visando buscar uma solução mais adequada na condução de seus processos e sistemas de informação associados. Neste sentido, emerge na comunidade científica e industrial uma vertente de estudo focada na avaliação dos processos de negócio como uma ferramenta importante a ser considerada nos ciclos de vida e melhoria dos sistemas de produção.

Muitas das melhorias adotadas para sistemas de produção estão intimamente ligadas com sistemas computacionais que auxiliem não somente na realização de tarefas fabris, mas também, no gerenciamento de processos. Logo aplicar os estudos de processos de negócios como matéria no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento é buscar uma solução voltada a processos e não somente a atividades.

Vislumbrado que a manutenção é integrante dos processos de produção e que vem-se buscando melhorar seus índices de qualidade impactando na produção de forma positiva, este trabalho de pesquisa tem como objetivo propor uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção baseado em processos. Para tanto, estudou-se várias arquiteturas de sistema de gerenciamento da manutenção afim de que fossem levantadas todas as funcionalidades necessárias a este tipo de sistema. Quando se realiza um estudo como este é necessário se utilizar de uma metodologia para pleitear seus resultados. Neste

trabalho utilizou-se o levantamento de requisitos voltado a processos chamado *Unified Process* (UP). Usando a metodologia citada, puderam-se obter as funções e requisitos de um sistema com seu referencial voltado aos processos que devem o compor.

Desta forma, buscou-se estudar de forma aprofundada o campo de processos de negócio relacionado à gestão da manutenção, procurando fomentar a elaboração de uma arquitetura de um sistema de suporte à tal gestão. Esta busca foi de encontro a um modelo referencial de arquitetura que utiliza os conceitos de fluxo de trabalho e processos de negócio – modelo da WFMC (*Workflow Management Coalition*).

Utilizando-se os conceitos, metodologias e referenciais citados, além de um levantamento sobre sistemas de informação e tipos de manutenção, foram identificados os processos que devem caracterizar o funcionamento da arquitetura CMMS proposta, baseada no referencial WFMC e padrão industrial BPMN (*Business Process Management Notation*). Esta arquitetura tem seu funcionamento sustentado pelos processos que a compõe, propiciando um ambiente de troca de dados heterogêneos entre as diferentes entidades integradas, caracterizando desta forma, um ambiente de interação com o operador e troca de informações com outros sistemas.

Palavras-chave: Arquitetura, Manutenção, Processos, BPM, CMMS, WfMC.

ABSTRACT

Given the fact that the production sector has become increasingly demanding, competition thus plays a key role, while process improvement pursuit is regarded as a noticeable reality in the maintenance sector. The way failures, breakdowns, and errors in equipment or systems are handled influences the production time of a process, or part of it, and tighten up its relation with the maintenance sector so as to improve the assessment and improvement of its indicators. In this way, understanding and considering maintenance as a component of the production processes is made necessary, from the manufacturing conception stage as well as throughout the operation system life cycle.

Based on such scenario, a study about maintenance management systems was conducted, CMMS (*Computadorized Management Maintenance System*), in order to get to know some of the existing architectures. Getting to know such architectures implies the better understanding of the maintenance management systems, aiming to find more appropriate solutions for their processes and information systems associated. In this way, a study line oriented towards the business process assessment as an important tool to be considered in the life cycle and improvement of the production systems arises in the scientific, industrial community.

Many of the improvements adopted in production systems are closely related to computer systems that support not only the execution of manufacturing tasks, but also the management of processes. Therefore, employing the studies about business processes as a subject in the development of management systems consists in seeking a solution oriented to processes, not to tasks only.

Bearing maintenance in mind as a component of the production processes and that quality improvement has been targeted, thus positively impacting on production, this paper aims to propose an architecture of a maintenance management system based on processes. In order to achieve that, several architectures of maintenance management systems were studied so as to bring out all functionalities required for this type of system. When such a study is conducted, a methodology is necessary in order to achieve its results. This paper made use of the process-based requirements identification, called Unified Process (UP). By using

such methodology, the functions and requirements of a system were obtained in accordance with the processes that are meant to compose it.

In so doing, a deep study of the business processes field related to the maintenance management was conducted, aiming to promote the creation of a system architecture to support such management. As a result, an architecture model that makes use of workflow and business processes concepts was obtained – the WFMC model (*Workflow Management Coalition*).

By using the above mentioned concepts, methodologies, and models as well as a study about information systems and maintenance types, the processes that must characterize the proposed CMMS architecture were identified, based on the WFMC model and the BPMN industrial standard (*Business Process Management Notation*). Such architecture is founded on the processes that compose it, promoting an environment in which heterogeneous data are exchanged between the different integrated entities, and thus characterizing an interaction environment with the user and data exchange with other systems.

Key-words: Architecture, Maintenance, Processes, BPM, CMMS, WFMC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- PDCA	21
Figura 2- Diagrama de Fluxo do FMEA	25
Figura 3 - Hierarquia Funcional ISA-95	29
Figura 4 - Modelo do SIMAP	35
Figura 5 - Arquitetura Cornett et all.	38
Figura 6 - Arquitetura Vines et all.	41
Figura 7 - Arquitetura Labib.....	45
Figura 8 - Arquitetura lung.....	47
Figura 9 - Arquitetura de Gabbar.....	50
Figura 10 - Arquitetura de Ribot.	52
Figura 11 - Abordagens de um processo de negócio	55
Figura 12 - Regras de Negócios.....	56
Figura 13 - Modelo de ciclo de vida de processos de negocio.	59
Figura 14 - Arquitetura BPMS	63
Figura 15 - Estrutura geral de um produto de fluxo de trabalho	66
Figura 16 - Modelo de referência do WFMC - Componentes e Interfaces	73
Figura 17 - Fluxo de Desenvolvimento	75
Figura 18 - Arquitetura Proposta	85
Figura 19 - DFD da Arquitetura Proposta	97
Figura 20 - Processo de Recepção de Dados.....	101
Figura 21 - Processo de Alocação	102
Figura 22 - Processo de Armazenamento	104
Figura 23 - Processo de Supervisão	106
Figura 24 - Processo de Operação	108
Figura 25 - Processo de Estoque	109
Figura 26 - Processo de Qualidade	110
Figura 27 - Processo de Gerenciamento.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Processos Levantados	79
Tabela 2 - Correlação WFMC e CMMS.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	<i>Business Process Management</i>
BSC	<i>Balanced Score Card</i>
BPMS	<i>Business Process Management System</i>
CMMC	<i>Computadorized Maintenance Management System</i>
Ed.	Editor
ISA	International Society of Automation
RH	Recursos Humanos
RCM	<i>Reliability Centred Maintenance</i>
SIMAP	Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva
UP	<i>Unified Process</i>
WFMC	<i>Workflow Management Coalition</i>
WFMS	<i>Workflow management system</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos.....	17
1.4	METODOLOGIA	17
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
2	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA MANUTENÇÃO	19
2.1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA MANUTENÇÃO	19
2.1.1	GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO	19
2.1.2	MANUTENÇÃO ESTRATÉGICA	21
2.1.3	AGENDAMENTO DA MANUTENÇÃO	22
2.1.4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	22
2.1.5	MANUTENÇÃO PREDITIVA	23
2.1.6	MANUTENÇÃO CORRETIVA	24
2.1.7	<i>FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)</i>	25
2.1.8	<i>FAUT TREE ANALYSIS (FTA)</i>	26
2.1.9	<i>REALIABILITY CENTERED MAINTENANCE - RCM</i>	27
2.1.10	ISA-95.....	28
2.2	ARQUITETURAS CMMS	32
2.2.1	Modelo SIMAP	33
2.2.2	Modelo Proposto por Cornett.....	37
2.2.3	Modelo proposto por Vines	40
2.2.4	Modelo proposto por Labib	43
2.2.5	Modelo Proposto por lung.....	45
2.2.6	Modelo Proposto por Gabbar.....	49
2.2.7	Modelo Proposto por Ribot et al	52
3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO BASEADOS EM PROCESSOS	54
3.1	CICLO BPM	56
3.2	BPMS.....	60
3.3	ARQUITETURA WFMC	63

4 PROPOSTA DE UMA ARQUITETURA CMMS.....	75
4.1 REQUISITOS.....	76
4.2 CORRELAÇÃO.....	80
4.3 ARQUITETURA PROPOSTA	84
4.3.1 Alocação.....	89
4.3.2 Gerenciamento e Estratégias	90
4.3.3 Supervisão.....	91
4.3.4 Operação.....	92
4.3.5 Estoque.....	94
4.3.6 Qualidade	95
4.3.7 Manutenção.....	96
4.4 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS	96
4.5 PROCESSOS	99
4.5.1 Processo de Recepção de Dados	100
4.5.2 Processo de Alocação	101
4.5.3 Processo de Armazenamento.....	103
4.5.4 Processo de Supervisão.....	105
4.5.5 Processo de Operação	107
4.5.6 Processo de Estoque.....	108
4.5.7 Processo de Qualidade.....	109
4.5.8 Processo de Gerenciamento	110
5 CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS.....	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Manter em condições normais de funcionamento equipamentos e instalações, otimizando o desempenho é a síntese mais clara sobre o que é manutenção. Desta forma, gerir as atividades que envolvem os meios para realizar a manutenção tem sido um grande desafio. Devido a sua complexidade, variedade e necessidade, o gerenciamento da manutenção tem sido alvo de estudos incessantes. Sistemas computacionais que auxiliam nesta tarefa vêm sendo desenvolvidos baseados em arquitetura muitas vezes similares, mas que atendem interesses particulares de cada nicho a que se propõe. Estas arquiteturas similares existem pelo modo que a manutenção é vislumbrada pelas empresas, de forma similar independentemente do tipo de empresa muitas vezes.

A busca por redução dos custos fabris, melhora da qualidade dos produtos, aumento da confiabilidade de instalações e equipamentos tem feito com que a manutenção receba mais atenção a cada instante, pois se torna item de competitividade entre os concorrentes. Definindo a manutenção como a "combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida" (NBR 5462-1994), compreende-se, portanto, sua importância quanto ao fator competitividade devendo ser gerida cuidadosamente.

Para auxiliar no gerenciamento da manutenção existem sistemas computacionais que se destinam a executar a tarefa cuidadosa de administrar as políticas, organização, escopo e controle desse setor. Essencial para o mercado e alvo de estudo nas academias, a manutenção é alvo do avanço incontrolável da tecnologia.

Os sistemas de gerenciamento de manutenção são plataformas que contemplam, por muitas vezes, parte dos tipos de manutenção que podem ser empregadas em equipamentos e instalações. Esses tipos citados anteriormente são a Manutenção Corretiva (Planejada ou não), Preditiva, Preventiva e Proativa, e outras técnicas que estão incorporadas para serem geridas pelos sistemas. Os sistemas de gerenciamento de manutenção possuem suas arquiteturas desenhadas

para atender as necessidades básicas, para que cada tipo, ou pelo menos alguns desses tipos de manutenção sejam atendidos. “O uso completo de um sistema de manutenção aplicado ao setor de manutenção pode reduzir o retrabalho e melhorar o desempenho do setor de 10% a 30% ao ano”, Crain (2003).

A busca por excelência na realização de atividades de manutenção, no que diz respeito à velocidade, confiabilidade e conhecimento distribuído, faz crescer a busca por um sistema de gerenciamento e gestão da manutenção (CMMS – *Computadorized Maintenance Management System*). Esses sistemas são computadorizados, pois a utilização do poder de processamento, armazenamento e comunicação faz com que a utilização desses tipos de sistemas seja, no mínimo, necessária. Muitas das arquiteturas existentes não contemplam conceitos tão modernos de gerenciamento, buscando um melhor aproveitamento e abrangência. Muitas arquiteturas desenvolvidas nas academias e presentes no mercado são falhas quanto à medição de qualidade dos serviços prestados, não buscando um retorno e realimentação com as informações geradas pelo serviço de manutenção. Há sistemas que não se comunicam diretamente com os equipamentos ou instalações, fazendo uma varredura completa nos dados gerados por eles com a finalidade de análise. Outros sistemas não conseguem transmitir informações e sim dados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Muitas são as necessidades dos departamentos em gerenciar seus recursos e atividades. Por isso, os recursos computacionais estão em advento. Com o setor de manutenção, os sistemas de gerenciamento de manutenção tem se difundido e evoluído constantemente. Objetivando atender especificidades desse meio, existem várias arquiteturas diferentes desse tipo de sistema; várias dessas arquiteturas nasceram moldadas às necessidades do mercado e outros por estudos, frutos de pesquisas acadêmicas. Entre essas arquiteturas, destaca-se os modelos propostos por Vines et all (2003), Cornett et all (1993), Labib (2003) entre outros.

Os CMMS são formados de arquiteturas que determinam suas funcionalidades e objetivos. Existem várias arquiteturas que se diferem quanto ao seu foco na área de manutenção e filosofias utilizadas para gestão e mercado. “A manutenção deve ser decidida com um sistema eficiente e com uma análise

completa do objeto de manutenção para que se obtenha um diagnóstico e prognósticos eficientes”, Byington *et al* (2004), desta forma pode-se fomentar a escolha correta do tipo de sistema de gerenciamento da manutenção a ser aplicado. Segundo Bagadia (2006) os CMMS são as chaves para obtenção de informações em tempo real, visualização geral sobre as atividades de manutenção e armazenamento de conhecimento e plataforma de gerenciamento.

As arquiteturas são compostas por atividades determinadas por funções e não por processos, ou seja, foram elaboradas com o propósito de atender as atividades que são realizadas pela manutenção. Entender as atividades como processos a serem realizados e não pontos a serem executados, traz uma nova metodologia de trabalho. O fluxo de trabalho das atividades é de suma importância, devendo ser interpretado e tratado como tal no desenvolvimento da arquitetura do sistema de gerenciamento da manutenção.

Estudando algumas arquiteturas de sistemas de gerenciamento da manutenção, percebe-se uma deficiência em entender o gerenciamento como um fluxo de trabalho ordenado, com a finalidade de atingir objetivos precisos, sem perda de informações ou dados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Com o intuito de agregar os conhecimentos que são intrínsecos ao fluxo de trabalho, a sistemas de gerenciamento da manutenção, esse trabalho tem com objetivo principal a proposição de uma arquitetura de um sistema de informação para gerenciamento de processos baseado no referencial WFMC para gerenciamento da manutenção. Utilizando-se como base o modelo referencial para sistemas proposto pela WFMC, todos os conhecimento de fluxo de trabalho e arquiteturas ou modelos de sistema de gerenciamento da manutenção já existentes e difundidos pela academia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Visando atender o objetivo geral deste trabalho, exposto anteriormente, estão propostos como objetivos específicos:

- a) Identificar de modelos de arquiteturas CMMS;
- b) Identificar das funções necessárias a um CMMS baseado na literatura pertinente;
- c) Identificar os processos associados a cada uma das funções dos CMMS estudados;
- d) Especificar as interfaces existentes dos processos da arquitetura proposta em relação ao referencial WFMC.

1.4 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se metodologia de pesquisa, tendo o objetivo fornecer como resultado um levantamento de fatos e informações para alimentar o processo de criação da arquitetura objetivo deste trabalho.

Uma vez que já é conhecido o objeto deste trabalho, que o mesmo é obtido pela proposição do autor, identificar a metodologia utilizada para fomentar sua proposição é necessário.

Como a pesquisa é uma atividade que tem por finalidade a solução de problemas com a utilização de um processo. A pesquisa a ser realizada neste trabalho para levantamento das arquiteturas, que comparadas fornecerão os processo para o levantamento de requisitos, é a pesquisa exploratória.

Segundo Santos (2002) a pesquisa exploratória é realizada por meio de consulta a bases de conhecimentos, com o objetivo de conhecer fatos, atividades e fenômenos condizentes com o objetivo da pesquisa, obtendo embasamento, ou material bibliográfico, necessário para a elaboração do trabalho. Outra definição para a pesquisa exploratória é dada por Kirk e Miller (1986) que trata que este tipo de pesquisa é utilizada para obter contato com a situação a ser pesquisada, tendo como características principais a informalidade, flexibilidade e criatividade.

Depois de levantada a bibliografia necessária sobre algumas arquiteturas, estas serão estudadas para entender todos os elementos teóricos que circundam os

conceitos do objeto de pesquisa que é sistemas CMMS. Um levantamento bibliográfico sobre os conceitos de manutenção, tipos e conceito sobre CMMS será estudado para fomentar o estudo de arquiteturas ou modelos de sistema de gerenciamento da manutenção.

A metodologia utilizada para fomentar o levantamento dos processos que serão obtidos como requisito é o Processo Unificado, ou UP (Unificated Proceess). Um subcapítulo deste trabalho trata desta metodologia antes de sua utilização.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para acompanhar o desenvolvimento do trabalho a fim de atingir os objetivos a que se propõe, o trabalho possui uma organização quanto ao que deve ser realizado e a ordem em que são realizadas atividades e estudos.

- Estudo bibliográfico;
- Levantamento de arquiteturas e modelos de CMMS;
- Levantamento dos requisitos das arquiteturas e modelos estudados;
- Proposição de uma arquitetura;
- Estudo e exploração da arquitetura proposta (arquitetura e processos).

2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA MANUTENÇÃO

Os sistemas utilizados para, de várias formas, auxiliar o gerenciamento, administração e/ou execução das atividades envolvidas no contexto da manutenção são caracterizados como sistema de informação para manutenção. Um desses sistemas são os CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). Para uma melhor exploração e compreensão mais a fundo do que seja um CMMS é necessário que alguns elementos envolvidos na manutenção sejam estudados. Para tanto, eles serão colocados a seguir de forma a fornecer embasamento teórico para auxiliar o desenvolvimento do trabalho.

2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA MANUTENÇÃO

Antes de abordar os sistemas CMMS, alguns conceitos sobre manutenção são necessários. Muitos autores de expressão nessa área são usados para apresentar as definições sobre os tipos de manutenção e conceitos abordados. Além disso, os conceitos expostos na ISA 95 são abordados nesse levantamento teórico, pois tais conceitos intentam solucionar problemas encontrados durante o desenvolvimento de interfaces entre as empresas automatizadas e sistemas de controle, no caso desse trabalho: o sistema CMMS.

As metodologias e conceitos explorados aqui compõem o conhecimento específico de *softwares* de gerenciamento de manutenção. Por esse motivo são tratadas a seguir fornecendo embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho e cumprimento dos objetivos.

2.1.1 GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Kardec e Nascif (2006) concebem o gerenciamento da manutenção arguindo que a atividade de manutenção deve ser gerenciada a fim de que os equipamentos e sistemas somente devam interromper a produção por atos gerenciais, com programação prévia. O foco da manutenção com relação à operação resume-se em manter os esforços do time de manutenção preocupada em antecipar a ocorrência

de qualquer falha, e não corrigi-las no mesmo momento em que ocorrem (Kardec, Flores e Seixas, 2002),

A manutenção, para ser relacionada com função estratégica, deve ter como meta o alcance dos resultados empresariais, e isso é obtido por meio da eficácia nas intervenções, na qual devem estar focadas para manter a função dos equipamentos disponíveis para a produção (Kardec e Nascif, 2006).

Buscando realizar o processo de alinhamento estratégico de manutenção, colocando-o como um setor empresarial, pode-se compreender 4 etapas distintas para fazer a gestão da manutenção, baseadas no ciclo PDCA (*Plan Do Check Act*) de melhoria como vista na Figura 1. Mas antes é necessário compreender sua composição que é Planejamento, Implementação, Avaliação e Ações corretivas:

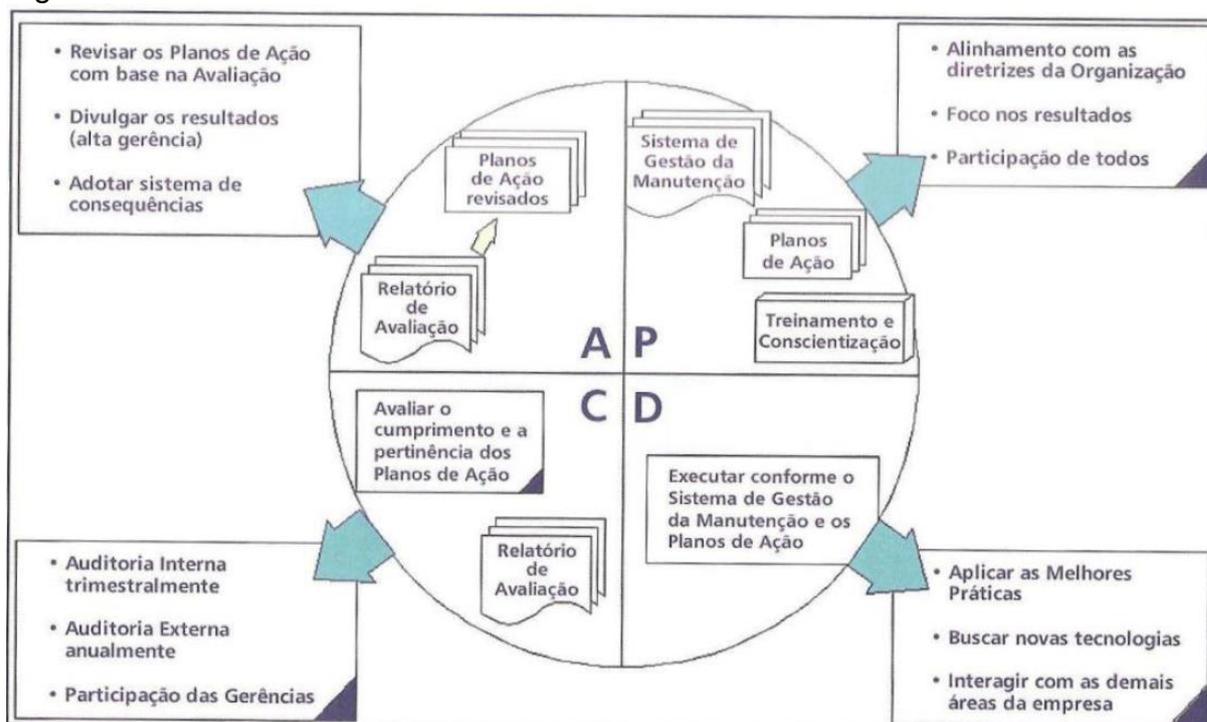
P – *Plan* (Planejamento): Essa etapa é responsável pela investigação da situação atual da atividade de manutenção na empresa, onde são estabelecidas as metas a serem alcançadas; são definidos os caminhos e atividades específicas para atingir as metas, são selecionados todos indicadores para gerenciar os resultados e onde são tomadas decisões sobre os planos de ação possíveis de serem implementados, alcançando seus objetivos (Kardec, Flores e Seixas, 2002).

D – *Do* (Implementação): A implementação compreende colocar em prática o plano de ação que abrange a execução do que foi planejado, à luz das decisões estratégicas tomadas. Também, como foco nessa fase, os gestores do processo devem direcionar corretamente e assiduamente as ações da equipe rumo aos objetivos (Kardec, Flores e Seixas, 2002).

C – *Check* (Avaliar): Utilizando a medição e avaliação do que está sendo feito, parte intrínseca a essa etapa, é que podem ser tomadas as decisões gerenciais sobre correções necessárias, tomadas por *feedback*, no processo de gestão estratégica (Kardec, Flores e Seixas, 2002).

A – *Act* (Ações Corretivas): Munidos de informações dos indicadores e auditorias, os responsáveis pela condução do processo, gerentes, têm à disposição as informações para se basear e decidir quais atitudes devem ser tomadas para a correção ou adequação de possíveis desvios com relação ao planejamento inicial.

Figura 1- PDCA



Fonte: Nascif e Dorigo, 2010.

2.1.2 MANUTENÇÃO ESTRATÉGICA

A Manutenção Estratégica identifica a manutenção de diferentes estratégias que podem ser usadas para manter os ativos da planta, que serão configurados na manutenção da planta do CMMS. Cada ativo instalado ou equipamentos pode ser associado a uma ou mais estratégias de manutenção para todo o seu ciclo de vida. A manutenção estratégica pode ser configurada para cada condição de funcionamento associado a cada ativo da planta.

A abordagem quantitativa para otimização da manutenção é abordada em detalhes na literatura. Durante as últimas décadas a generalizada mecanização e automação tem reduzido o número de produção pessoal, enquanto o capital investido em equipamentos de produção aumentou consideravelmente (Dekker e Scarf, 1998). Logo, percebe-se que as estratégias de manutenção tem otimizado todas as atividades nesse setor.

Em geral, os modelos de otimização da manutenção cobrem quatro aspectos: (1) uma descrição de um sistema técnico, sua função e importância; (2) a

modelagem da deterioração do sistema no tempo e as possíveis consequências para esse sistema; (3) uma descrição das informações disponíveis sobre o sistema e ações abertas à gestão; (4) uma função objetivo e uma técnica de otimização que ajuda a encontrar o melhor equilíbrio.

2.1.3 AGENDAMENTO DA MANUTENÇÃO

O Agendamento da manutenção implica a reunião precisa de seis elementos para uma manutenção de sucesso: mecânicos, ferramentas e peças, disponibilidade da unidade para atendimento, as necessárias permissões e as informação para conclusão. Esse agendamento prevê um plano de ação para com o processo ou produto que deve ser trabalhado.

A inspeção por tempo aleatório é escolhida com a ajuda de uma programação de função da manutenção e uma gama de modelos de processo de deterioração.

Artana e Ishida (2002) abordam um método para determinar o melhor cronograma de manutenção para os componentes em fase de desgaste. O intervalo entre as manutenções para os componentes é aprimorado, minimizando o custo total. A maioria dos trabalhos na área de manutenção são baseados na suposição de que as máquinas são sempre disponíveis a uma velocidade constante. No entanto, em aplicações, é bastante comum uma máquina estar em uma condição subnormal depois de correr durante um determinado período de tempo.

2.1.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva constitui-se de uma série de tarefas em frequência, ou seja, ditadas pelo tempo ou condicionadas à quantidade de produção; um tipo de manutenção que mantém as condições do equipamento ou sistema e prolonga a vida útil do mesmo ou detecta que uma falha se constitua.

Conforme Tavares (1987) a manutenção preventiva é aquela que se conduz aos intervalos pré-determinados de tempo, com o objetivo de reduzir a possibilidade do equipamento se situar em uma condição abaixo do nível requerido de aceitação, caminhando para um estado de falha. Essa manutenção pode tomar como base

intervalos de tempo pré-determinados e/ou condições preestabelecidas de funcionamento, podendo ainda requerer para sua execução que o equipamento seja retirado de operação caso necessário para a realização da manutenção e testes.

Sothard (1996) ressalta que a manutenção preventiva envolve cuidados rotineiros sobre os sistemas ou equipamentos e inclui lubrificação das máquinas e reposição de peças de desgaste intensivo. Complementa ainda que isoladamente a manutenção preventiva não propicia condições de previsão mais aprofundadas sobre falhas dos componentes ou sobre como evitar consequências na produção.

2.1.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A Manutenção Preditiva consiste em decidir sobre a manutenção de um ativo de acordo com seu estado. Alimentada por sinais, dados, informações e *status* do sistema, essa manutenção se baseia em análise de comportamento do ativo até o momento de detecção de uma possível falha.

A Manutenção Preditiva pode ser considerada como uma forma evoluída da Manutenção Preventiva. Com o aperfeiçoamento das ferramentas computacionais, tornou-se possível estabelecer previsão de diagnósticos de possíveis falhas, por meio de análise de alguns parâmetros dos sistemas produtivos. Por meio do acompanhamento sistemático das variáveis de desempenho ou análise que indicam o desempenho dos equipamentos, define-se a necessidade da intervenção. Ela privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento em funcionamento, não sendo necessário nenhum tipo de atividade que prejudique a operação e produção.

A qualificação da mão de obra responsável pela análise e diagnóstico, para que as ações de intervenção tenham qualidade equivalente aos dados registrados, é outra condição considerada fundamental para a aplicação da manutenção preditiva.

McKone e Weiss (2002) apresentam orientações detalhadas para a execução de manutenção preditiva na indústria transformadora. Os autores recomendam que não se deve abandonar a manutenção tradicional, mas seguir as orientações dadas para a utilização de manutenção periódica com o uso de novas tecnologias.

Sothard (1996) complementa que a manutenção preditiva revisa o desempenho do passado do ativo para prever quando um componente específico irá

falhar. Ele ressalta que a manutenção preditiva é a manutenção preventiva efetuada no momento exato, detectado por meio de análises estatísticas e análises de sintomas sobre o ativo.

2.1.6 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção corretiva se dá no momento posterior a uma falha, ou seja, é a correção da falha após seu desencadeamento. Sempre indesejada esta é a manutenção mais combatida, pois sua necessidade indica que a produção é paralisada ou outras falhas podem ser desencadeadas devido ao impacto da primeira.

Ela é o tipo de manutenção mais antiga e mais utilizada, sendo empregada em qualquer tipo de empresa que possua itens físicos, independente do nível de planejamento de manutenção.

Segundo a norma NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Em síntese, é toda manutenção com a intenção de corrigir e/ou reparar falhas em equipamentos, componentes, módulos ou sistemas, visando restabelecer sua função normal.

A manutenção corretiva é a estratégia de manutenção mais combatida pelas empresas, pois ela não está nos planos gerenciais do setor. Quando uma manutenção dessa natureza ocorre são necessárias atividades não programadas para a retomada de um sistema ou equipamento, ocasionando paradas de produção, desprendimento de equipe, desorganizando o quadro funcional, forçando o estoque de peças e consumíveis para que sejam sanadas no momento de necessidade.

Esse tipo de manutenção pode ser utilizado como função de levantamento de necessidades, alimentando o sistema de gerenciamento e a estratégia ideal para ser empregada de forma a evitar a precisão da manutenção corretiva novamente.

2.1.7 FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Todas as falhas ocorridas em um sistema ou processo devem ser estudadas, analisadas e tidas como objeto de aprendizagem.

Para armazenamento, estudo e utilização destas informações tem-se o FMEA, capaz de relacionar as falhas a suas possíveis causas e efeitos no ativo e/ou sistema.

O FMEA é um estudo base que fornece dados para o entendimento dos efeitos e motivos de falhas. Ele é um procedimento para análise de possíveis modos de falhas dentro de um sistema de classificação por gravidade ou determinação do efeito de falhas no sistema. É amplamente utilizado nas indústrias de transformação em diversas fases do ciclo de vida do produto, e, agora, está cada vez mais em uso nas indústrias de serviços.

Modos de falha são quaisquer falhas ou defeitos em um processo de concepção, ou item, especialmente aqueles que afetam o cliente, e podem ser potenciais ou reais. Análise de efeitos se refere ao estudo das consequências dessas falhas no processo. Para ilustrar como é constituído um FMEA está disposto na Figura 2 um diagrama de fluxo de etapas de aplicação desta metodologia.

Figura 2– Diagrama de Fluxo do FMEA



Fonte: O Autor, 2012.

A primeira etapa do FMEA é o planejamento dos estudos e das ações do processo ou produto. A análise de falhas em potencial revela todas as falhas e erros, bem como os motivos pelos quais eles ocorreram. E o terceiro e último passo é a avaliação dos riscos que cada falha pode ocasionar no processo ou produto, caso ela, por ventura, venha a acontecer.

No último passo existem formas de classificar as falhas, apontando a severidade de cada erro, sua ocorrência, ou seja, frequência, e também a forma de detecção de falha, bem como a facilidade ou dificuldade em detectá-la.

Sendo o FMEA uma metodologia de análise, ele pode se aplicar tanto em processo quanto em produto. As etapas e a maneira de realização da análise são as mesmas para o produto e processo, eles se diferenciam somente no que tange o objetivo.

2.1.8 FAUT TREE ANALYSIS (FTA)

Em paralelo com o FMEA, há o FTA para uma análise dos processos, peças e ativos contidos em uma falha. Colocando em um formato de fluxograma da falha, o FTA possibilita rastrear o caminho de cada falha isoladamente ou analogamente. Esses fluxogramas carregam o caminho detalhado com suas devidas informações, permitindo uma leitura lógica do caminho que deve ser seguido para o acontecimento de determinada falha.

Alimentado por eventos ou condições os FTA gerados podem compor uma única falha, ou um FTA pode ser composto por desprendimento de várias outras falhas, ou seja, um FTA pode ser um composto dos resultados de outras falhas, implicando ser resultados de outros FTA.

É possível adicionar ao diagrama elementos lógicos, tais como 'e' e 'ou', para melhor caracterizar os relacionamentos entre as falhas. Dessa forma, é possível utilizar o diagrama para estimar a probabilidade de uma falha acontecer a partir de eventos mais específicos.

O FTA é uma representação gráfica associada ao desenvolvimento de uma falha particular do sistema (efeito), chamada de evento de topo, e às falhas básicas (causas), denominadas de eventos primários; por esse motivo, é considerada como uma ferramenta *top down*. Objetivando-se listar os benefícios, tem-se:

- Estabelece um método padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como ocorre em um equipamento ou processo.
- Analisa a confiabilidade de um produto ou processo
- Expõe os modos de falha de um sistema de maneira dedutiva.
- Prioriza as ações corretivas que serão tomadas.
- Analisa e projeta sistemas de segurança ou sistemas alternativos.
- Compila as informações para manutenção de sistemas alternativos de procedimentos de manutenção.
- Indica de forma clara e precisa dos componentes mais críticos ou condições críticas de operação.
- Compila as informações para treinamento na operação de equipamentos
- Compila as informações para planejamento de testes e inspeção.

2.1.9 REALIABILITY CENTERED MAINTENANCE - RCM

A metodologia do RCM (*Reliability Centered Maintenance*) - Manutenção Centrada em Confiabilidade-, está entre as práticas de manutenção adotadas pelas empresas ao redor do mundo, visando garantir a perpetuação no mercado e sua competitividade. A metodologia RCM é usada para determinar e levantar requisitos de manutenção de qualquer equipamento e processo em seu contexto operacional. Para tanto, a metodologia RCM analisa as funções e padrões de desempenho: de que forma a falha ocorre, sua causa, os efeitos posteriores à falha e o que deve ser feito para preveni-la.

Assim, obtém-se um aumento da disponibilidade dos ativos, o que permite um aumento de produção (Nascif, 2000).

Para ser desenvolvida, a metodologia RCM se vale de sete perguntas sobre cada ativo em revisão ou sob análise crítica, para que seja preservada a função do sistema produtivo (Moubray, 2000):

- 1- Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto de operação?
- 2- De que forma o ativo falha no cumprimento de sua função?
- 3- O que causa cada falha funcional do ativo?
- 4- O que acontece quando ocorre cada falha, isoladamente, do ativo?
- 5- De que modo cada falha importa ao contexto operacional?
- 6- O que pode ser realizado para antecipar ou prevenir cada uma das falhas?
- 7- O que deve ser realizado caso não seja encontrada uma tarefa proativa apropriada?

Dependendo das respostas dadas às perguntas acima, a metodologia RCM vai sugerir e direcionar o replanejamento do programa e atividades de manutenção, de modo a estabelecer o nível de desempenho aceitável para o setor responsável por aplicar esta metodologia.

Com os benefícios adquiridos pela implementação e prática da metodologia RCM, há uma maior segurança, pois a segurança operacional e a integridade do meio são frutos do levantamento de possíveis falhas nos ativos; melhora no desempenho operacional, pois a metodologia fornece todas as informações para os gestores tomarem decisões quanto às melhores práticas aos ativos; melhor eficiência da manutenção, dado que os gestores podem garantir que o capital investido no setor tenha o melhor retorno; por fim, é válido citar o aumento da vida útil do ativo.

2.1.10 ISA-95

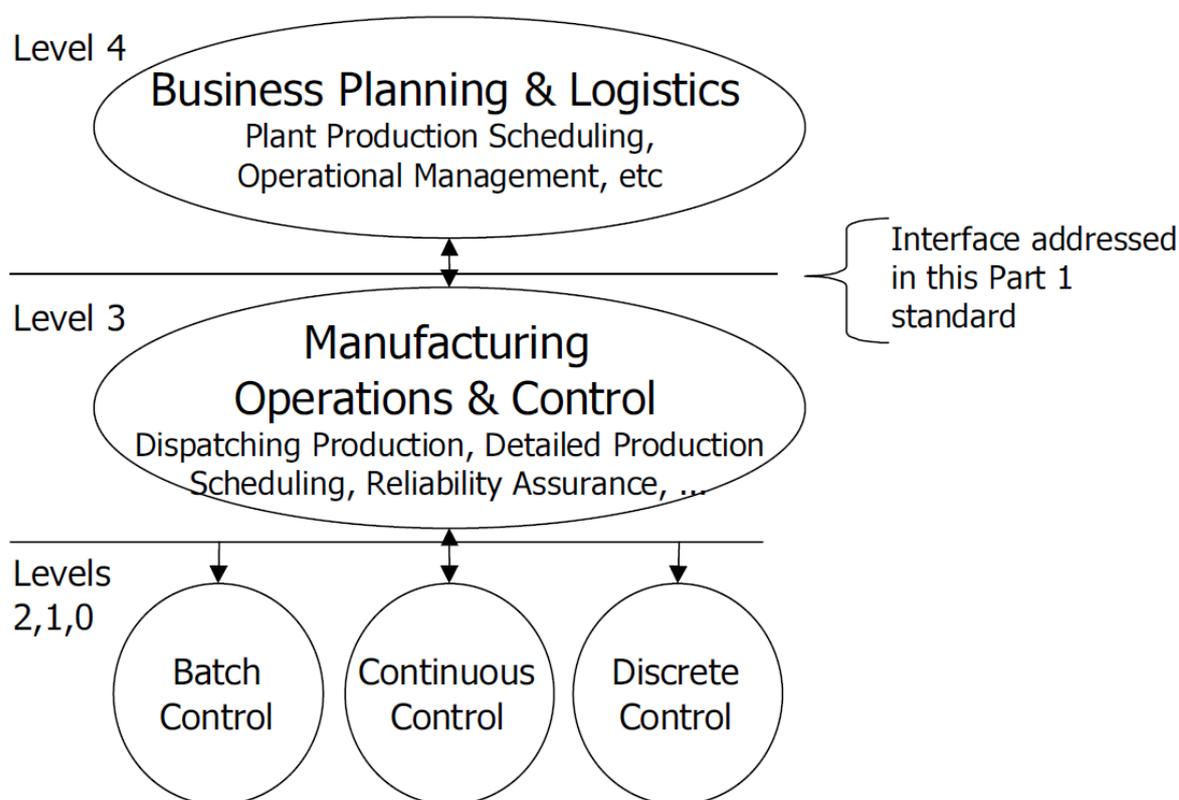
Como já foi exposta anteriormente, a ISA-95 é uma norma desenvolvida com a finalidade principal de solucionar problemas encontrados durante o desenvolvimento de interfaces entre as empresas automatizadas e sistemas de controle na área de produção. Incluso nas áreas cercadas pela norma, está a manutenção, uma vez que para o trabalho, o objeto de produção é a manutenção.

A norma é dividida em cinco diferentes partes. A primeira parte consiste na proposição de terminologias padrões para a padronização do entendimento dos itens nelas presentes. Apresenta também modelo de objeto que determina quais

informações devem ser trocadas entre partes do sistema. A segunda parte da norma trata da definição dos atributos para cada objeto que foi definido na primeira parte. A terceira destina-se a levantar as funções e atividades no âmbito de produção. A quarta refere-se aos modelos de objetos e atributos para o gerenciamento das operações e manufatura. A última parte fornece um padrão, baseado nas partes 1 e 2, para definir os modelos de operações para troca de informações. As últimas partes, 4 e 5, da referida norma ainda estão em desenvolvimento.

Voltando ao objetivo principal desse trabalho que é a proposição de uma arquitetura de um sistema de informação para gerenciamento de processos baseado no referencial WFMC para gerenciamento da manutenção, é permitido utilizar os níveis da norma para apoiar a arquitetura da norma. Para tanto, se faz necessário conhecer esse níveis. Chamada de Hierarquia Funcional, a Figura 3 apresenta os níveis em que decisões e atividades são tomadas e realizadas.

Figura 3 - Hierarquia Funcional ISA-95



Fonte: ANSI/ISA-95.00.01-2000, 2000.

Os níveis 0, 1 e 2 definem as células ou funções de supervisão da linha, são funções de funções de operação e controle. Como são variados os processo de supervisão e controle para cada processo que a norma é aplicada, ela apenas normatiza que esse é o nível ao qual as funções básicas do sistema são alocadas. No caso do CMMS são funções as atividades de aquisição de dados, tratamento desses dados para utilização pelo sistema, encaminhamento dos dados e informações coletadas para os módulos de controle, supervisão e monitoramento, os próprios módulos de detecção de falha e os tratados anteriormente.

O nível 3 é voltado à parte de controle de operações, incluindo atividades que vão de relatórios sobre a produção, coleta de dados da produção, estoque, matérias-primas, peças e outros, até estabelecer cronogramas de atividades de produção e modificação de produção para compensar necessidades. Listadas a seguir estão as principais atividades desempenhadas nesse nível:

- Coleta de dados de qualidade e análise *off-line*, conforme exigido por funções de engenharia. Isto pode incluir análise estatística de qualidade e funções de controle relacionado.
- Realização de funções necessárias de pessoal, tais como: estatísticas de trabalho do período, horário de férias, horários de força de trabalho, linha de união de progressão e formação interna e qualificação de pessoal.
- Emissão de relatórios sobre a área de produção, incluindo os custos de produção variáveis.
- Coleta e manutenção de dados da área de produção, estoque mão de obra, matérias-primas, peças de reposição e uso de energia.
- Modificação de programas de produção para compensar as interrupções de produção de plantas.
- Estabelecer o cronograma de produção imediata detalhado para a sua própria área, incluindo a manutenção, transporte e outros relacionados com a produção e necessidades.

O nível 4 da Hierarquia Funcional da ISA-95 contempla as atividades de gerenciamento de operações, planejamento do negócio e logística. As atividades de forma mais detalhadas estão listadas a seguir:

- Coletar e armazenar dados de arquivos de controle de qualidade, e como eles se relacionam com as necessidades dos clientes.
- Coletar e armazenar dados de máquinas e equipamentos para arquivos históricos necessários para a prevenção e planejamento de manutenção preditiva.
- Recolher e armazenar dados de matéria-prima e uso de peças de reposição, montar inventário de disponibilidade e fornecer dados para a compra de matéria-prima e peças de reposição.
- Coletar e armazenar dados de bens em geral nos arquivos de inventário de processo e produção.
- Coletar e armazenar dados sobre mão-de-obra para transmissão de pessoal e para contabilidade.
- Desenvolver a manutenção preventiva ideal para renovação de equipamentos em coordenação com o esquema básico de planta de produção.
- Estabelecer o cronograma de produção básica da planta.
- Modificar cronograma de produção básica de planta para ordens recebidas, com base na disponibilidade de recursos, das fontes de energia disponíveis, dos níveis de demanda de energia e requisitos de manutenção.
- Modificar o cronograma de produção básica da planta sempre que as interrupções de produção ocorrerem.
- Determinar os níveis de estoques de matérias-primas, fontes de energia, peças de reposição e bens. Essas funções incluem também materiais de planejamento das necessidades (MRP) e aquisição de peças de reposição.
- Capacitar o planejamento com base em todas as atividades acima.

Com os conceitos sobre como solucionar os problemas encontrados durante o desenvolvimento de interfaces entre as empresas automatizadas e sistemas de controle para a área de produção, encontrados na ISA-95, o desenvolvimento do objetivo desse trabalho possui um embasamento teórico e busca por soluções que visem o gerenciamento e controle geral através das ferramentas computadorizadas.

2.2 ARQUITETURAS CMMS

Para melhor investigar algumas das arquiteturas CMMS existentes no mercado é preciso entender e conhecer suas funcionalidades e objetivos. O CMMS é um sistema que fornece capacidade para armazenar, recuperar e analisar informações e dados obtidos nos equipamentos e sistemas alvos de manutenção. De acordo com Boznos (1998) “O uso primário dos CMMS está relacionado ao agrupamento de informações dos equipamentos, ao planejamento e usa a manutenção como ferramenta para tanto.” É um sistema que tem como cliente o departamento de manutenção, responsável pelas atuações em campo das ações sugeridas pelo sistema. Um sistema que tem a capacidade de interação com *hardwares* que permitem esta comunicação dos ativos de manutenção. Além da capacidade anteriormente citada, o CMMS tem a função de ser uma ferramenta para gerir toda a manutenção, buscando aplicar diferentes metodologias de manutenção para cada ativo, efetivar programação de atividades de manutenção, verificar e realizar constantemente a análise dos equipamentos e processos para que, no momento de detecção de uma falha, as melhores ações sejam tomadas e realizadas de forma correta.

Com capacidade de utilizar várias metodologias e filosofias de manutenção, um único CMMS pode reger a manutenção de uma unidade fabril completa. Fernandez et al. (2003) propõem uma manutenção com grande grau de maturidade para apoiar a implementação CMMS. “Implementar unicamente o BSC (*Balanced Score Card*) é ineficiente em muitos casos, devido à estrutura hierárquica na manutenção”, Bourne (2003). Desta forma, entende-se o que é colocado, pois sem um grande grau de maturidade não é possível programar e adotar as práticas potenciais contidas no CMMS. Singer (1999) discute um plano de sete passos para usar todas as funcionalidades do pacote CMMS.

Segundo Bagadia (2006) os CMMS são as chaves para obtenção de informações em tempo real, visualização geral sobre as atividades de manutenção, armazenamento de conhecimento e plataforma de gerenciamento.

A correlação entre os modelos de manutenção e as técnicas de implementação delas no CMMS não vem sendo utilizadas com muita intensidade pela indústria. De acordo com Bem-Daya *et al.*(2001) e Sherwin (2000) a

inviabilidade de dados e a restrição nos modelos são os principais motivos desse fato.

A fim de explorar mais a fundo esse universo, várias arquiteturas de sistemas CMMS foram estudadas, isto é, realizado por meio de pesquisa exploratória, a fim de conhecer arquiteturas que contemplem os objetos necessários básicos e mais utilizados nas arquiteturas de CMMS; além de objetos que fazem determinadas arquiteturas mais completas ou melhores para determinadas aplicações. Um total de sete arquiteturas foi estudado, elas estão colocadas nas próximas seções.

A fim de direcionar o estudo de forma a nivelar o entendimento os módulos, funções e processos envolvidos nas arquiteturas estudadas foram abordados.

2.2.1 Modelo SIMAP

SIMAP é uma abreviação para o Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva. É um *software* dirigido ao diagnóstico, em tempo real, dos processos industriais. É um sistema que leva em conta as informações que chegam em tempo real a partir de diferentes sensores e outras fontes de informação, dados, e tenta detectar anomalias em potencial no comportamento normal esperado dos equipamentos e sistemas. A detecção de anomalias permite um diagnóstico precoce e a possibilidade de planejar ações de manutenção antecipadas e eficazes. Além disso, a monitorização contínua que é realizada permite uma estimativa de formas qualitativas do estado atual dos componentes.

O SIMAP é uma ferramenta em geral voltada para o diagnóstico e manutenção. A primeira experiência de sua aplicação foi em uma indústria eólica de geração.

As principais atividades realizadas por SIMAP são a coleta contínua de dados provenientes de diferentes sensores; realização de processamento contínuo das informações coletadas, a fim de avaliar *on-line* o estado dos ativos e também detectar se alguns indícios de degradação ou anomalias estão presentes ou poderá vir a ocorrer.

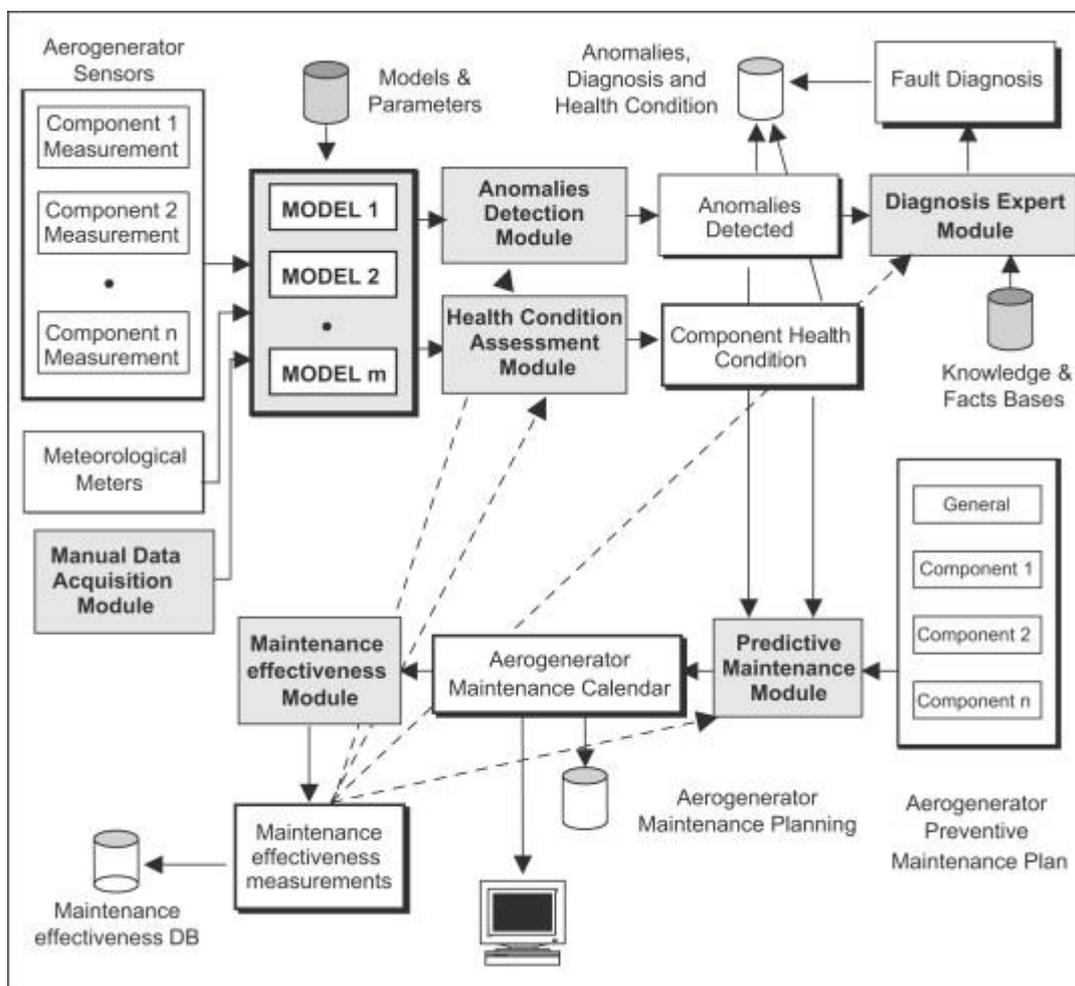
A arquitetura do SIMAP é modular, com intuito de organizar as tarefas, possuindo um total de seis módulos principais. Esses módulos confundem-se com as principais funções desenvolvidas pelo sistema, sendo eles:

- Modelos de Comportamento Normal. Esses modelos são capazes de prever, em tempo real, o comportamento normal (ou de referência) esperado para cada ativo, seguindo sua forma de trabalho atual e das condições ambientais. Os modelos são criados principalmente por meio de redes neurais artificiais, pois a sua capacidade para modelar comportamentos dinâmicos não lineares é grande.
- Módulo de Detecção de Anomalias. Com o principal objetivo de detectar possíveis anomalias nos componentes por meio dos resultados dados pelos modelos de comportamento normais, este módulo, por meio da comparação para cada ativo, monta a sua estimativa, comportamento normal, e compara com o seu comportamento real. Dessa forma, são obtidas as detecções de anomalias.
- Módulo de Avaliação de Condição. Sua função é avaliar, em tempo real, o estado de cada componente. Essa função é realizada por meio dos resultados dados pelos modelos de comportamento normais.
- Módulo de Diagnóstico Especialista. Seu principal objetivo é identificar os possíveis modos de falha que estão presentes em um ativo ou em desenvolvimento. Para alcançar esse objetivo o módulo utiliza um sistema especialista: *fuzzy*.
- Módulo de Agendamento de Manutenção. Seu principal objetivo é aperfeiçoar a programação de ações de manutenção adequadas para evitar as falhas, bem como o grau de degradação do componente medido. Este escalonamento é bem aceitável de acordo com várias técnicas e critérios econômicos para o agendamento de tarefas.
- Módulo de Avaliação de Eficácia. Sua principal função é a obtenção de uma medição de eficácia para cada ação de manutenção aplicada. Após isso, permite a avaliação da atividade de manutenção de um técnico e o ponto de vista econômico.

A comparação dos dados recebidos dos ativos, equipamentos ou sistemas, com sua real capacidade de produção e operabilidade torna este sistema muito preciso, quando a modelagem é realizada de forma correta. As funções de diagnósticos podem ser diversas, isso depende das características de cada tipo de manutenção empregado ao ativo. Logo, o controle de altíssimo nível sobre esses modelos é necessário. Como na arquitetura, Figura 4, não está muito bem explícito a homologação de uma única base de dados, cabe ressaltar que a comunicação entre

diferentes bases de dados durante as operações pode resultar em perda de eficiência em processar as informações coletadas.

Figura 4 – Modelo do SIMAP



Fonte: Garcia et al, 2006.

Estudando-se os módulos e funções que o modelo do SIMAP expõe, é possível observar alguns processos que compõe o sistema. Fora dos modelos e funções abordados anteriormente, há um processo de inserção de dados manuais ao CMMS e SIMAP. Apesar de ser composto por apenas um módulo, esse processo é essencial ao sistema para suprir a necessidade de entrada de dados que não coletados pela rede à qual o sistema está conectado. Ou seja, é um processo de alimentação do sistema.

Analisando o modelo, detecta-se outro processo que não está compreendido por um módulo, mas que se faz necessário a todos. Esse processo é o de leitura,

armazenamento e escrita de informações e dados na base de dados do sistema. Esse processo é nomeado toda vez que um dado/informação deve ser escrito na base de dados, procurando arquivar as atividades realizadas no sistema ou mesmo o produto nos módulos e processos do SIMAP. Dessa forma, com esse processo, é possível encontrar na base de dados modelos e parâmetros do sistema, diagnósticos, dados dos ativos, informações quanto à eficiência da manutenção prestada, datas de agendamentos, informações gerenciais entre outras.

Fazendo uma análise sobre os módulos do SIMAP, pode-se encontrar a relação do Módulo de Detecção de Anomalias com o Módulo de Avaliação de Condições. Ambos os módulos se relacionam devido ao fato de estarem ligados com a questão de monitoramento dos ativos monitorados pelo SIMAP. O primeiro com o objetivo de detecção de anomalias e o segundo com a função de avaliar o estado de um componente, ambos pertencem a um processo de monitoramento dos ativos. Uma vez que ambos têm a finalidade de monitoramento dos ativos, objetivando detectar uma anomalia ou não conformidade dos ativos com os modelos e parâmetros determinados.

Outro processo que ocorre dentro do SIMAP é o processo de diagnóstico da anomalia, falha ou não conformidade encontrada pelos módulos anteriores. O módulo de diagnóstico realiza a atividade de encontrar um padrão para a anomalia, falha ou não conformidade encontrada, obtendo assim uma diretriz para alcançar o diagnóstico pertinente ao detectado. Dessa forma, ele realiza "um encadeamento de atividades executadas dentro de uma organização que transformam entradas em saídas", sendo essa a definição de processo por Baldam (2007).

O Módulo de Agendamento da Manutenção em conjunto com as atividades de inserção do plano de manutenção preditiva e o calendário de manutenção formam o processo de gerenciamento do SIMAP. Essas são as atividades e módulo que capacitam o usuário e o próprio sistema a gerir a manutenção. Isso ocorre porque as atividades, planejamentos e calendários do sistema, são gerados por meio de decisões que buscam a melhor forma de empregar a manutenção à organização da qual faz parte, isso faz com que essas ações se enquadrem no âmbito gerencial.

O módulo de avaliação de eficiência compõe mais um processo do SIMAP. Esse processo recebe os dados oriundos do processo de gerenciamento e realiza a medição da eficiência de cada atividade de manutenção aplicada aos ativos. Pode-

se entendê-lo como um processo de qualidade das atividades desempenhadas e medidas tomadas com relação às necessidades dos ativos de manutenção.

Por fim, temos o processo de armazenamento de dados que está presente em todo o sistema. Composto pelas atividades de leitura e escrita de dados na base de dados, esse processo é utilizado por todos os processos que necessitam de dados históricos ou que precisem escrever seus produtos em base de dados. Na arquitetura pode-se identificar esse processo relacionado à figura de banco de dados, representado por um cilindro.

2.2.2 Modelo Proposto por Cornett

Cornett et al (1993) propõe uma arquitetura completa do sistema CMMS, Figura 5, com participantes do processo. Os autores colocam correlações entre o sistema de manutenção, a máquina de produção e os processos clientes ao sistema. O sistema é composto pelo Controle Computacional de Operações de manutenção que compreende o Subsistema de Gerenciamento de cronograma; Engenharia de Alteração de Controle de Gestão da Manutenção; Subsistema de Gestão das Partes Manuais; Subsistema de Gestão de Inventário. Fora do âmbito do controle computacional de operações de manutenção, há o arquivo mestre de cronograma da manutenção, peças de ficheiros manuais e peças de fichas de inventário.

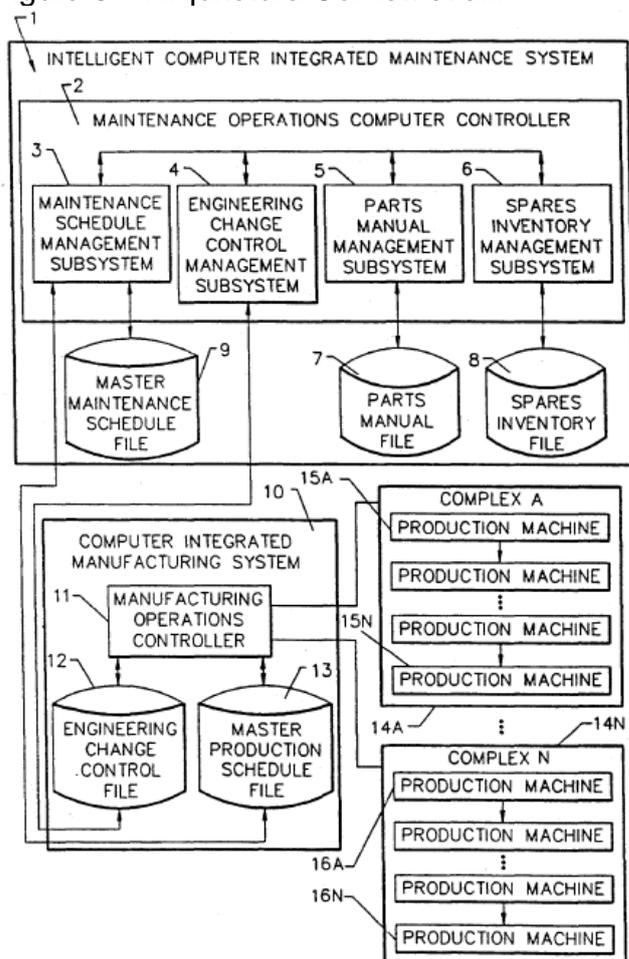
O Subsistema de Gerenciamento de Cronograma tem comunicação direta com o componente de engenharia de arquivos de controle de mudanças dentro do Controle de operações de produção. Existe também a comunicação da Engenharia de alteração de controle de gestão da manutenção com o Mestre de arquivos de planejamento de produção pertencente, também, ao Controle de operações de Produção.

Dessa forma, todas as partes do sistema tratadas até o momento são participantes do módulo de Sistema Inteligente Computadorizado de integração da Manutenção. Esse módulo compreende, portanto, todo o núcleo processual do sistema, sendo responsável pela recepção dos dados, vindos do Sistema Computadorizado de Manufatura Integrado, armazenamento correto das informações em bases de dados correspondentes a cada atividade, além da compreensão dos componentes tratados no início do item.

O Sistema Computadorizado de Manufatura Integrada é a parte da arquitetura responsável pela aquisição de dados dos sistemas e equipamentos alvos de manutenção. Esse sistema é responsável por prover um ambiente onde todos os dados são coletados e enviados para programação e controle da manutenção. Cornett et al (1993) ressalta que esse sistema pode ser integrado ao sistema de produção, possuindo apenas uma ponte de comunicação que prove os dados necessários para o gerenciamento da manutenção.

Por se tratar de uma arquitetura um pouco antiga, ela possui limitações quanto à troca de dados, armazenamento de informações e não revela maiores detalhes quanto à arquitetura por uma visão de implementação real como *software*.

Figura 5 – Arquitetura Cornett et al.



Fonte: Cornett et al, 1993.

Com uma arquitetura elaborada em 1993, esse modelo não é mais amplo devido a limitações existentes na época de sua concepção com relação à plataforma

computacional. Limitado à apenas gerir a manutenção por meio de processos voltados à gestão de documentação, o modelo de Cornett et al é constituído de quatro processos.

O primeiro processo notável nesse modelo é o de armazenamento de dados e informações. Tanto os dados recebidos pelo sistema dos ativos, quanto os dados de gerenciamento, cronogramas, estoque e arquivos manuais são armazenados e também requeridos por meio de leitura da base de dados.

Situado na parte inferior da Figura 5, o processo de recepção de dados é composto pelo Sistema Computacional de Manufatura Integrada que compreende um módulo de recepção de dados dos ativos de manutenção. Uma vez conectados ao módulo anteriormente citado, os dados são recebidos pelo sistema, armazenados nas bases de dados pertinentes e depois passados ao sistema de forma filtrada. Quando se fala em base de dados pertinentes, deve-se observar na Figura 5 que existem duas base de dados diferentes. Assim, os dados relacionados a mudanças nas atividades normais de um ativo são armazenados no *Engineering Change Control File*, já os arquivos referentes a dados referente a atividades de produção já programadas são arquivados na base de dados *Master Production Schedule File*.

O processo de armazenamento também está presente em outros lugares do modelo de Cornett et al (1993). Com a mesma função já explicitada, esse processo está atrelado ao processo de gerenciamento do sistema.

O processo de gerenciamento do modelo de Cornett et al (1993) é composto pelo sistema inteligente de manutenção integrada que contempla o controle de operações da manutenção. Ele recebe os dados coletados pelo processo de recepção de dados e os distribui para as atividades e funções pertinentes. Essa função gerencial habilita o sistema a controlar a documentação gerada e os dados recebidos, destinando-as para determinadas funções do sistema presentes no controlador.

Dentro do controle de operações da manutenção encontra-se o processo de estoque, composto por uma função e direciona as informações para o armazenamento. Essas informações são relacionadas a troca de peças, necessidade de sobressalentes e trocas.

2.2.3 Modelo proposto por Vines

Separadas em três principais blocos, a arquitetura proposta por Vines et al (1993), coloca distributivamente o *CMMS Server*, *CMMS Cliente PC* e Estação de aplicações. Um dos primeiros sistemas de gerenciamento da manutenção que é estruturado de forma distribuída, uma vez que o sistema de servidor do CMMS não está homogêneo ao sistema cliente de interação com o sistema CMMS. Todos esses blocos se conectam por meio de uma rede *ethernet* que possibilita a troca de dados entre eles.

Dentro do *CMMS Server* há o Banco de Dados do CMMS, responsável pelo armazenamento de dados históricos e disponibilização para todo o sistema. Na mesma estrutura estão os Processos do servidor CMMS, responsável pelos processos internos de tratativa de dados e controle de aplicações envolvidas no sistema. Esta unidade é responsável por processar todos os comandos enviados pelo *CMMS Client PC*, recebidos dos ativos e transformá-los em informações e comandos. Por fim, está o Servidor de Comunicação API, responsável pela comunicação, via rede industrial, com a Estação de aplicações e com o *CMMS Client PC*.

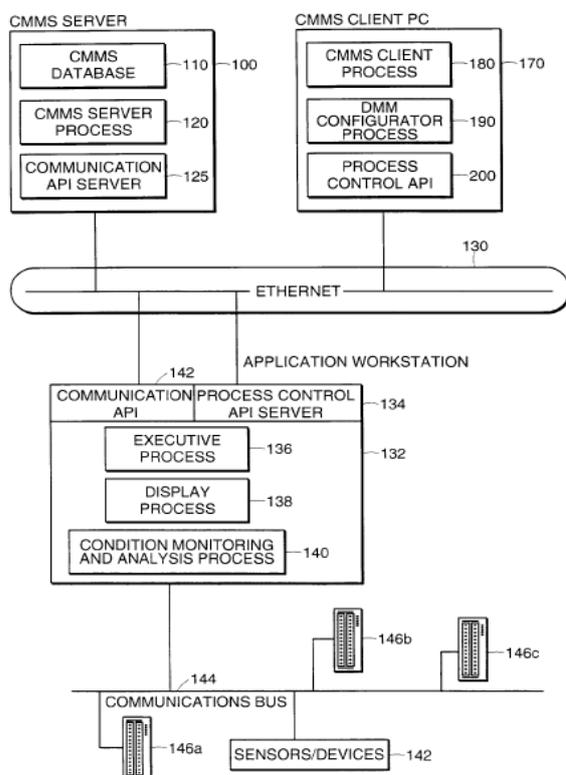
No *CMMS Cliente PC* estão dispostos os Processos do cliente CMMS, Processo configurador DMM (*Depot Maintenance Manual*) e o Controle de processos API. Este é um bloco que pode ser instalado em um computador distinto ao do sistema *CMMS Server*, devido o sistema estar integrado por rede, basta que o computador do *CMMS Client* esteja conectado a essa rede. O Processo Configurador DMM é o responsável por configurar as atividades do sistema visando atender aos comandos inseridos pelo usuário, como: tipo de manutenção a ser empregado para cada ativo, agendamento de atividades, modelagem de sistema de monitoramento de um ativo para atender aos comandos inseridos pelo usuário.

Comunicando com as duas partes, anteriormente citadas, há a Estação de Aplicações munidas de um bloco de Comunicação API, para a troca de dados com os blocos anteriores, Processo de controle do servidor API, Processo de execução, *display* do processo e Monitoramento da condição e processo de análise. Essa última parte é responsável pela comunicação direta com os componentes do sistema, intermediada pela rede industrial distribuída.

Como podemos notar em todos os três blocos encontramos subsistema que tem por função comunicação API. Isto dá-se pela necessidade de transmissão de dados entre os blocos e a interpretação dos mesmo, para torna-los homogêneos para a interpretação de cada da mesma informação distribuída.

Essa arquitetura é distribuída com a intenção de torná-la mais leve a dispensando da necessidade de grande processamento de dados para determinado bloco. Mas da forma em que está disposta tem-se um centro de processamento de dados, *CCMS Server Process*, que pode não funcionar de forma correta se o *CMMS Client PC* estiver fora da rede de comunicação. Muitas das informações que são processadas pelo *DMM Configurator Process* não serão armazenadas e interpretadas pelo servidor de processos, visto que a base de dados está centrada em uma única estrutura dentro do *CMMS Server*. A arquitetura está representada na Figura 6.

Figura 6 – Arquitetura Vines et all.



Fonte: Vines, 1999.

Como foi feito com os outros modelos e arquiteturas expostos anteriormente, uma análise sobre os processos que são realizados pela arquitetura proposta por Vines et al (1999) deve ser feita.

Ao observarmos a presença de elementos que tratam da comunicação API com a rede para que possa ser feita uma comunicação clara entre os participantes do sistema, pode-se identificar o processo de recepção de dados. Dentro da Estação de Aplicação, apesar de não está clara na Figura 6, os dados são recebidos dos ativos. Depois de recebidos eles são monitorados e analisados; as informações ou dados pertinentes são transferidos à rede que se comunica com os outros dois módulos do sistema. O envio de dados é realizado pelos elementos de comunicação API. Os elementos de Comunicação API do servidor e o Controle de Processos API também fazem parte desse processo de recepção de dados por trabalharem no mesmo padrão de tarefas e atividades, a fim de fornecer uma única saída, que são dados já tratados e em única linguagem para comunicação entre os participantes do sistema.

Ainda tratando do módulo Estação de Aplicação, tem-se o elemento Monitoramento de Condição e Análise Dos Processos. Esse elemento recebe os dados dos ativos, já tratados, os monitora buscando anomalias ou falhas nos ativos. Depois da análise, as informações quanto ao monitoramento e análise são disponibilizadas para o Servidor CMMS. Dessa forma, tem-se o processo de monitoramento dos ativos que é realizado pela arquitetura de Vines et al (1999).

O processo de gerenciamento da manutenção e do sistema está presente de forma distribuída na arquitetura. Os elementos: Servidor de Processos CMMS, Configuração de Processo CMMS, Processos Executivos e Display de Processos compõem o processo de gerenciamento. Alocados nos três módulos desse sistema, o processo de gerenciamento é um exemplo de distribuição de atividades, funções ou ferramentas voltada ao processo de gerenciamento, pois não isola as atividades de gerenciamento do resto do sistema, mas o integra aos módulos, construindo um processo devido ao caminho da informação e atividades.

Presente no módulo Servidor CMMS, o elemento Base de Dados CMMS constitui o processo de armazenamento de dados desse sistema. Alocado nesse módulo, esse processo destina-se a armazenar, de forma histórica, as informações que são recebidas e enviadas pelo Servidor de Comunicação API, além dos dados e informações gerados dentro do Servidor CMMS.

Na arquitetura apresentada anteriormente não fica claro a qual processo o elemento Processo Cliente CMMS pertence, mas na documentação bibliográfica fica claro o processo de alimentação do sistema. Utilizando o elemento de *Display* do Processo e o Processo Cliente CMMS, as informações que o usuário necessita para alimentar o sistema são realizadas no *display* e depois passados ao Processo Cliente CMMS. Visto que esse elemento é o responsável por distribuir as informações/dados para os processos, para os módulos ou elementos, o processo traduz ao sistema novas configurações de sistema de ativos ou mesmo ativos.

2.2.4 Modelo proposto por Labib

A Figura 7 evidencia o modelo por fluxograma da arquitetura proposta por Labib (2003) que tem a manutenção com grade de maturidade organizacional. O modelo é uma adaptação de Antil apud Labib (1991) que propôs um sistema com grau de maturidade para gestão da qualidade, modelo originalmente proposto por Crosby apud Labib (1979).

Diferente dos modelos e arquiteturas apresentados até aqui, o modelo de Labib (1999) é um fluxograma por atividades para cada processo que compõe o sistema.

No modelo, quatro processos (que refletem a cultura da função de manutenção) podem ser identificadas, o primeiro é Estoque, Quebra, Ações Corretivas e Manutenção Preventiva.

O sistema foi elaborado com base em um *software* existente originalmente concebido por Labib (1998), mas personalizado para a necessidade da empresa colaboradora. No entanto, mais recursos foram adicionados à estrutura do sistema computacional, tornando-a mais robusta e versátil que a versão anterior. O sistema atua como uma plataforma em que módulos adicionais, tais como controle de estoque ou monitoramento das condições, são incluídos no programa como um resultado da maneira com que a relação da arquitetura com o banco de dados foi concebida.

Analisando os processos que compõe esse sistema, pode-se notar que o processo de Estoque é simples e linear, contendo atividades de consulta, pedido e entrega. Quando uma necessidade de peça é criada pela manutenção, o processo é informado por meio da descrição ou referência da peça a ser trocada, com isso é

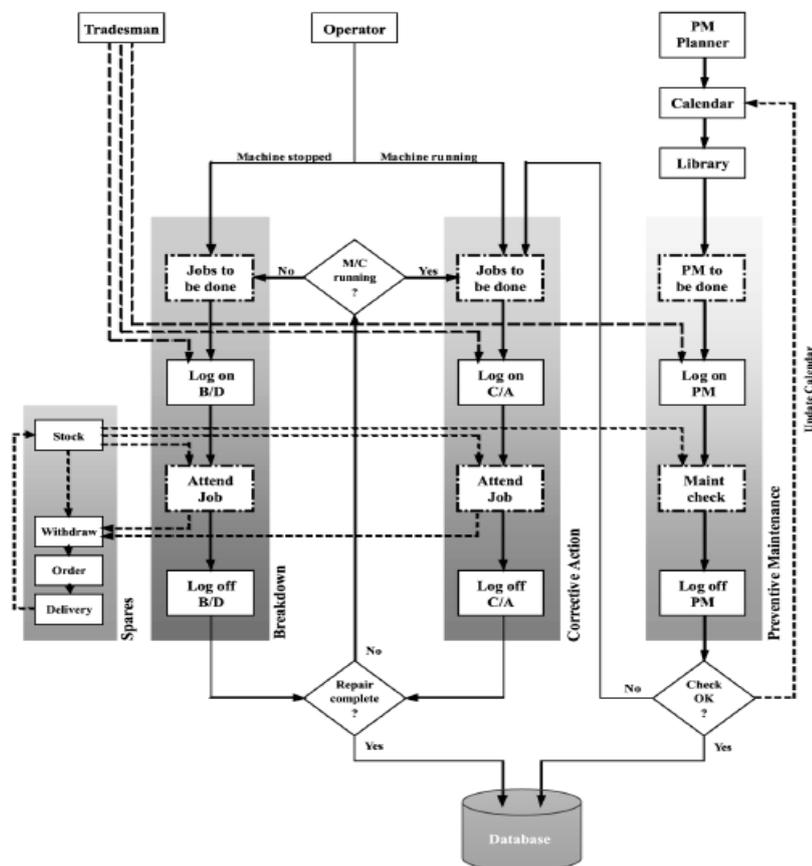
realizada uma consulta na base de dados do estoque e um pedido é gerado. Depois que o pedido é gerado e caracterizado a sua entrega, seja ele uma entrega no setor e local que necessita a peça ou simplesmente retirada no balcão.

O processo de Quebra é muito similar ao processo de Ação Corretiva, ambos compreendem as mesmas atividades, mas em âmbitos diferentes. Esses processos são compostos pelas seguintes atividades: Trabalho a Ser Realizado, é a indicação de uma atividade de manutenção a ser realizada; no processo Quebra ele é iniciado caso o ativo esteja parado, já no processo Ação Corretiva seu início se dá quando o ativo está em operação. Em ambos está presente a atividade de *log on* do operador para acesso ao sistema, nesse momento o usuário é reconhecido e suas permissões de operação concedidas para que sejam realizadas as atividades que lhe forem pertinentes e necessárias. Portanto, tem-se a atividade de Atendimento ao Trabalho, que é caracterizado pelo atendimento a manutenção requerida e sinalizada pelo sistema, nessa atividade as informações que são geradas durante e após a execução são registradas; por fim a última atividade realizada nos dois processos, Quebra e Ação Corretiva, é o *log off*, ela caracteriza o fim das atividades do operador no sistema, momento em que as atividades realizadas não estão mais vinculadas à ordens e operações diretas do operador.

O último processo anteriormente listado é o Manutenção Preventiva. Esse processo compreende as atividades que estão vinculadas à manutenção agendada, visando a prevenção de quebras, ou seja, manutenção preventiva. Antes de o processo Manutenção Preventiva ter início, algumas atividades são realizadas; essas atividades são de agendamento de manutenções visando a prevenção de quebras. Tais manutenções são agendadas de acordo com o exigido pelo fabricante do ativo e/ou a política de manutenção da empresa onde se aplica. As atividades anteriores ao processo são de inserção dos agendamentos da manutenção pelo *PM Planner*, o responsável pelo agendamento, armazenamento do calendário desenvolvido com os agendamentos e envio para o processo de Manutenção Preventiva. Esse processo é composto por atividades similares aos dos processos anteriormente abordados, seguindo a mesma linha lógica de raciocínio, o entendimento da necessidade de manutenção, ou gatilho de evento por data estipulada. Após isso, o *log on PM*, que é a entrada do *PM Planner* no sistema, tem-se a atividade de Checagem de Manutenção, que a entrada de informações, dados e registros por parte do operador da atividade de manutenção realizada. Por fim, faz-

se a atividade de *log off PM*, ou seja, saída do operador do sistema, como nos processos anteriores.

Figura 7 – Arquitetura Labib.



Fonte: Labib, 2003.

Por essa arquitetura, apresentada por um fluxograma, já passar a ideia da relação dos processos nela relacionados, uma abordagem voltada somente aos processos que a envolvem não se faz necessário, como o realizado nas outras arquiteturas já estudadas.

2.2.5 Modelo Proposto por lung

lung (2003) propõe um modelo de sistemas baseado em ações e decisões para o fluxo do CMMS, compreendido como gatilhos do sistema o gerenciamento e o monitoramento dos ativos. Com ambientes bem definidos, o modelo traduz a metodologia de funcionamento, seguindo processos que tratam as informações e ações envolvidas no sistema CMMS.

Esse modelo foi desenvolvido como base para estudos relacionados a *e-maintenance*. Com a utilização de meios computacionais para o auxílio da produção, a manutenção tem que acompanhar esse desenvolvimento, uma vez que para o autor, a manutenção é parte integrante da produção; tendo que ser inserida nesse âmbito, a fim de auxiliar no processo de planejamento da produção.

Focado no modelo de decisão, o modelo proposto por lung (2003) contempla seis etapas definidas.

A primeira etapa do modelo prevê os itens de *Start* e *Philosophy*, pois são os itens que dão início às ações lógicas de rotina e tomada de decisão. O primeiro é a simples inicialização do sistema. O segundo é o enquadramento de algum ativo num quadro de necessidade de manutenção, por se relacionar a alguma filosofia de manutenção cadastrada para o ativo ou sistema.

O Gerenciamento, segunda etapa, engloba apenas o item *Management*, responsável por fornecer ferramentas ao usuário para realizar a inserção de diretrizes e modelo de gerenciamento. Uma vez alimentado, o processo de gerenciamento dos ativos é constante e norteado pelas diretrizes inseridas pelo usuário, sendo um gatilho para o sistema, pois dessa forma sinaliza a existência de uma necessidade de manutenção ao sistema.

A terceira etapa, a Detecção, é comporta pelos itens: *Monitoring*, *Diagnosis* e *Prognosis*. Esta área é responsável por monitorar os objetos de manutenção, detectar uma falha quando ocorrer, diagnosticá-la e dar seu prognóstico. Esse processo de detecção é o ponto mais focado pelo autor em seu modelo. Estando armazenadas as falhas anteriores com suas respectivas soluções, é possível sugerir soluções para uma falha. Para sinalizar qual falha está ocorrendo, é necessário que o ativo de manutenção seja monitorado para que tenha capacidade de transmitir ao sistema informações ou dados suficientes para o sistema caracterizar e identificar determinada falha.

Decisão, quarta etapa, é composta por um item: o *Decision*; item esse que recebe o fluxo das outras duas áreas anteriores. Ele é responsável pela decisão de correção, compensação, execução ou apenas avaliação da informação que recebeu. Assim, os itens *Compensation*, *Correction* e *Execution* são executados, se necessários, para a correção da falha encontrada.

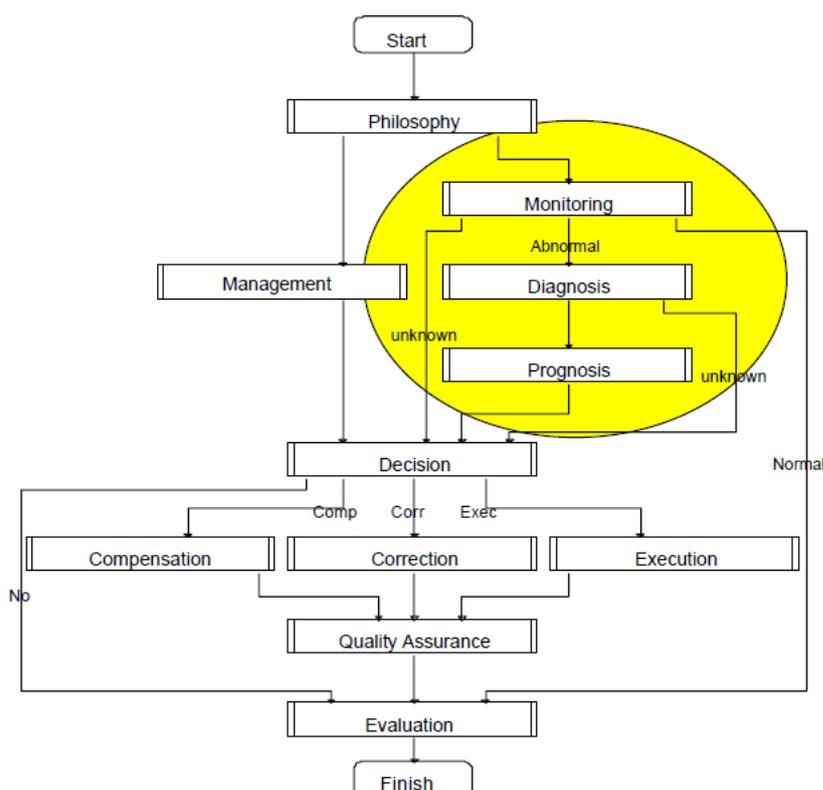
A quinta e última etapa do modelo é a Qualidade. Formada pelo item *Quality Assurance*, voltado à questão de qualidade, esse item é executado depois de uma

ação de correção da falha, e realizada. Caso não seja necessária uma atividade de manutenção, o sistema prossegue.

A última e sexta etapa do modelo é a etapa Fim. Composta de *Evaluation* e *Finish* é responsável por avaliar as ações tomadas pelo sistema e indicar o término. Essa avaliação é realizada representando o item de conferência das atividades realizadas, como o seguro armazenamento das falhas detectadas, bem como suas soluções empregadas.

O modelo da arquitetura, Figura 8, mostra um sistema focado no monitoramento e tomada de decisões. Com isso, não se tem a função de gerenciamento bem delineada. Portanto, o modelo proposto por lung (2003) fica em déficit quanto à algumas funções ou partes que não são expostas e nem citadas por ele.

Figura 8 – Arquitetura lung.



Fonte: lung, 2003.

Nesse modelo os eventos ocorrem de forma linear porque percorrerem um determinado processo. Dado o exposto, cada etapa de sua composição compõe um

processo ou parte desse processo, visto que as informações que são recebidas por cada etapa são tratadas e atividades são designadas a ser realizadas, isto é, ordens são obtidas como resultado de cada etapa.

A primeira e segunda etapa compreende o processo de gerenciamento voltado à aplicação das diretrizes gerenciais aos ativos, recepção de dados gerenciais e armazenamento. O autor não trata a questão de interfaces no modelo estudado, mas deixa claro em seu estudo que esta etapa está intimamente ligada à necessidade de uma interface com o usuário, para a inserção das informações gerenciais necessárias para o funcionamento do sistema e dos ativos com base nos interesse do setor.

O primeiro elemento do modelo proposto por Lung (2003) ainda caracteriza um processo de recepção de dados, visto que é por esse elemento que informações sobre o ativo são enviadas ao modelo.

Na terceira etapa, pode-se entender e perceber o processo de monitoramento. Essa etapa compreende as partes de monitoramento, decisão e prognósticos de uma falha, caso exista. Ao receber as informações vindas da primeira etapa, elas são monitoradas; caso uma anomalia seja detectada, um diagnóstico sobre a não conformidade encontrada é realizado. Com a informação de uma falha e seu diagnóstico, um prognóstico é obtido através da base de dados do sistema, com a finalidade de propor uma possível solução para a falha. Após cada atividade feita por esse processo, o não enquadramento quanto à existência de uma falha, um diagnóstico não existente e nem um prognóstico correto pode ocorrer. Nesses casos o sistema segue para o próximo processo sem que as atividades seguintes sejam realizadas.

O processo de decisão, composto pela quarta etapa, tem como objetivo o apontamento da próxima atividade a ser realizada. Com base nas informações recebidas por parte do processo de gerenciamento e monitoramento, esse processo compila as informações levantadas, comparando os dados recebidos. Essa comparação ocorre da seguinte forma: uma vez que uma falha ocorre e é tratada pelo processo de monitoramento, o processo de decisão busca informações do processo gerencial. Caso a manutenção apontada já esteja no cronograma, no plano de manutenção, ou não tenha um tipo de manutenção atrelado a ela, o sistema desconsidera esta indicação. As atividades que são envolvidas nesse processo, caso uma falha seja detectada, é a compensação e correção como formas de

extinguir a falha apontada. Caso nenhuma falha seja detectada, o processo opta por executar a atividade de execução que é, portanto, o não enquadramento da manutenção necessária ao ativo nas outras duas atividades apresentadas anteriormente.

O próximo processo que compõe o modelo proposto por Lung (2003) compreende a quinta e sexta etapas. O processo de qualidade é composto pelo item *Quality Assurance*, responsável por avaliar de forma a fornecer índices de qualidade sobre a atividade de manutenção realizada, ou, no caso dos ativos, de forma fornecer dados para o gerenciamento, permitindo que alguns que necessitem de dados constantes sejam monitorados em tempo real. Caso ocorra o fato de que uma manutenção realizada não ter atingido seu objetivo, esse processo fornece os dados necessários para que essa avaliação seja realizada. Munido das informações geradas pela atividade de medição de qualidade, a avaliação quanto à eficácia de manutenção prestada é realizada. Caso o resultado da manutenção não atenda os parâmetros estipulados pelo usuário, como aceite para o correto funcionamento, a atividade pode fazer o sistema retroceder ao processo de monitoramento para que uma nova avaliação da falha seja realizada; caso contrário ele pode apenas retornar ao processo de decisão, visando uma nova concepção da atividade a ser realizada com relação à falha existente. Se houver a avaliação da eficácia da manutenção prestada ou mesmo a não necessidade de manutenção, esta atividade se dá por concluída, encerrando o processo de qualidade.

2.2.6 Modelo Proposto por Gabbar

O modelo proposto por Gabbar (2003) representada na Figura 9 está ilustrando o CMMS RCM baseado em solução integrada.

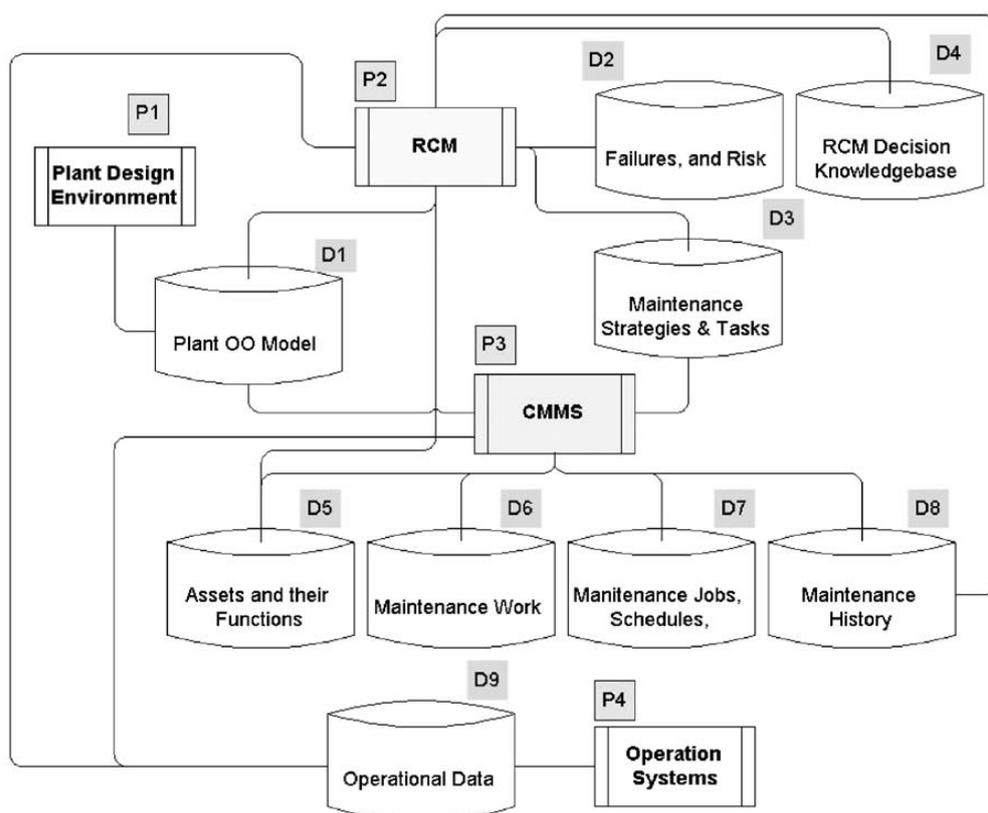
A proposta dessa solução automatizada é composta por quatro principais processos. Esses processos são: Planta Ambiente de Projeto P1, Processo RCM P2, CMMS P3 e Sistemas Operacionais P4.

A integração dessa arquitetura com ambiente de projeto é essencial porque a maioria das operações e atividades da área de manutenção estratégica são inicialmente decididas durante o processo de esquete.

O componente RCM da arquitetura é um sistema especialista que decide as estratégias de manutenção ideal para os ativos e sistemas, além de calcular os

diferentes parâmetros quantitativos das tarefas de manutenção. O componente CMMS é usado principalmente durante a fase de operação para gerir e implementar a manutenção por meio de estratégias de extração de informações de ativos ao longo da operação e suas funções a partir do ambiente de design. O RCM utiliza informações de ativos ao longo da operação, com dados de projetos e dados operacionais, execução e avaliação dos ativos e falhas para a construção das falhas e levantamento dos dados de riscos-bases para o armazenamento do conhecimento em base de dados. A partir da fase de concepção, o módulo RCM será acionado para sugerir a manutenção preliminar aprimorando estratégias para os ativos selecionados, com base no modelo de processo de design.

Figura 9 – Arquitetura de Gabbar.



Fonte: Gabbar, 2003.

Esse modelo de arquitetura é compacto quando as atividades são desempenhadas pelos seus principais processos. O processo de Planta Ambiente de Projeto, ou P1, é o responsável por ser um ambiente para que as informações de projeto sejam inseridas ao sistema para que se alimente a base de dados com

informações oriundas de fabricantes e da etapa de projeto. Esse é um processo de alimentação do sistema.

O Processo RCM, ou P2, é o processo que realiza a Manutenção Centrada na Confiabilidade, ou RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Esse processo utiliza os dados armazenados pelo sistema para sua execução. Os dados utilizados são oriundos da base de dados que é alimentada por todos os processos do sistema, obtendo assim informações diversas sobre os ativos e dados históricos, bem como dados de projeto e diretrizes inseridas pelo usuário. Haja vista que o processo em questão detecta uma necessidade de manutenção em um ativo por meio de comparação dos índices de produção com o determinado pela metodologia RCM ou pelo usuário, o sistema envia esta informação ao CMMS ou P3. Esse processo compreende basicamente o processo de monitoramento dos ativos.

O processo CMMS é o processo mais amplo dessa arquitetura. Com a capacidade de gerenciamento, esse processo é destinado a realizar o gerenciamento da manutenção à qual esse sistema se destina. Há uma coleta de dados dos ativos e manutenções realizadas, fornecendo relatórios de gerenciamento; sendo unidade de interface com o usuário para que possa configurar o sistema e gerir os ativos, gerenciando os serviços de manutenção e os que estão em andamento.

Responsável por receber e coletar os dados e informações dos ativos, o processo Sistemas Operacionais, ou P4, está diretamente conectado à rede ou *hardware* que coleta estas informações. Esse processo de recepção de dados tem como função

padronizar os dados recebidos para que sejam enviados aos processo Pe2 e P3 que necessitam desses dados.

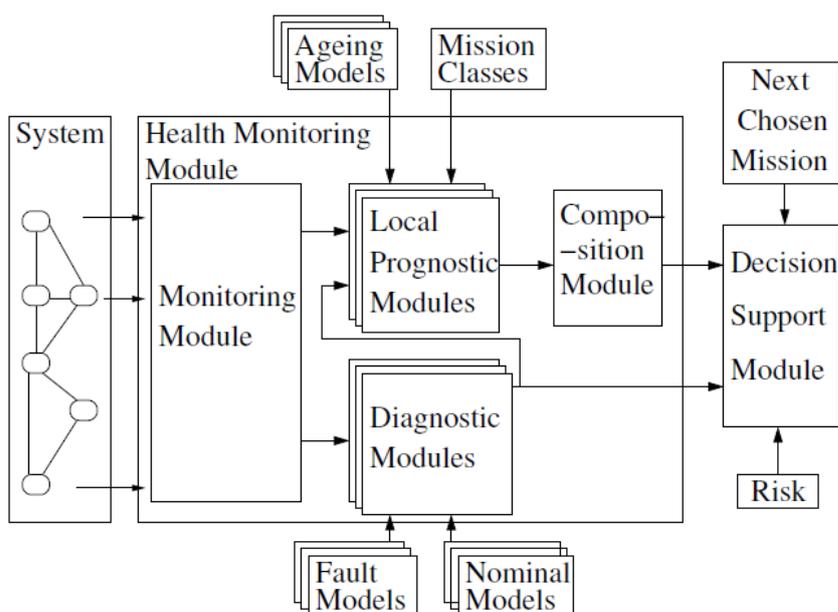
Não explícito pelo autor e nem na figura da arquitetura, o processo de armazenamento é intrínseco a esse sistema. Como se pode ver na Figura 9, todos os outros processos estão relacionados à base de dados. Esta base de dados contém informações históricas e coletas em tempo real dos ativos, por este motivo é muito utilizada. Esse processo de armazenamento de dados é transversal a todos os processos, pois ele é utilizado por todos para buscar dados da base e se utiliza de todos os outros processos para ter acesso aos dados que devem ser armazenados.

2.2.7 Modelo Proposto por Ribot et al

Proposto por Ribot et al. (2009), representado pela Figura 10, há uma arquitetura genérica de manutenção para um sistema complexo que leva em conta a heterogeneidade de componentes por, finalmente, proporcionar a representação prognóstica para cada componente controlado.

A arquitetura é essencialmente dividida em dois módulos. O primeiro é o de monitoramento de condição, responsável pelo acompanhamento do sistema quando ele está operando. O segundo é um módulo de apoio à decisão que é encarregado de decidir por ações de manutenção, dependendo das saídas fornecidas pelo módulo de monitoramento de saúde. O módulo de monitoramento de condição é composto por quatro tipos de submódulos. O módulo de monitoramento contém os sensores e todos os protocolos de comunicação entre os sensores e os outros módulos, a fim de obter as observações necessárias para o diagnóstico e os módulos de prognóstico. Os módulos de diagnóstico são responsáveis pela realização de culpa diagnóstica sobre o sistema. Um módulo de prognósticos local é responsável por fornecer um prognóstico atual sobre componentes do sistema. Ele se baseia em um conjunto de modelos de envelhecimento dos ativos.

Figura 10 – Arquitetura de Ribot.



Fonte: Ribot, 2009.

Como já realizado em todas as outras arquiteturas anteriores, uma abordagem sobre os processo que compõe esta arquitetura se faz necessária.

O módulo de Monitoramento compreende o processo de monitoramento dos ativos de manutenção. Como sua função é receber os dados dos ativos, monitorá-los quanto à manutenção a ser empregada no mesmo e disparar as informações para que um diagnóstico seja realizado se necessário, esse processo está relacionado à recepção de dados. Outro processo que se utiliza desse módulo é o próprio processo de monitoramento dos ativos, ele faz a análise dos dados e informações recebidos dos ativos, os compara com modelos, diretrizes e dados de gerenciamento e os envia aos módulos de Diagnósticos ou Prognósticos.

O processo de decisão que está presente nesse sistema contempla os dois últimos módulos apresentados. Como já abordado em outras arquiteturas e modelos anteriormente, esse processo tem como objetivo identificar uma falha, caso exista; enquadrá-la em algum modelo, se existir, e propor uma possível solução. Diferente das outras arquiteturas e modelos estudados, esta arquitetura apresenta os blocos para alimentação e utilização de padrões de falhas já cadastradas e modelos nominais para funcionamento em retidão ao projetado. Utilizando esses modelos e informações inseridas pelo usuário é que este módulo pode apontar uma falha e identificá-la. Caso uma falha não seja identificada, mas exista, o sistema segue para o módulo de decisão pertencente a outro processo.

O módulo de Prognóstico também é alimentado do mesmo modo que o anterior e tem por função a proposição de possíveis soluções baseadas em dados históricos inseridos pelo usuário ou decorrente de outras falhas. Pertencente a esse processo ainda está presente o módulo de composição, que consiste em uma atividade de agrupamento de todas as informações geradas e obtidas em uma falha, como seus dados do monitoramento, diagnóstico e prognóstico afim de alimentar o próximo módulo e processo.

O processo de decisão é composto pelo módulo de Decisão e pelos seus alimentadores. Esse processo recebe os dados do módulo de Composição e munido das informações de riscos e das próximas atividades a serem desempenhadas pelo sistema, o processo delega a manutenção e atividades a serem realizadas pela manutenção para que a falha seja corrigida.

3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO BASEADOS EM PROCESSOS

Antes de abordarmos diretamente os sistemas de informação baseados em processos é necessário entender e conhecer os conceitos que norteiam o Gerenciamento de Processos de Negócio, em inglês *Business Process Management* – BPM. Em outras palavras pode-se dizer que BPM é um conceito que une gestão de negócio e tecnologia da informação, voltados à melhoria dos processos de negócio das empresas através do uso de metodologias, técnicas e ferramentas para modelar, publicar, controlar e analisar os processos operacionais envolvendo aplicações, humanos, documentos e quaisquer fontes de informação.

Como em uma empresa de qualquer natureza, o objetivo é atender as necessidades de clientes e rendimento aos titulares, assim sendo, o conjunto de processos que a compõe devem ser encarados como atividades de negócio.

Para Oliveira (2002), os processos de negócio são a união agregada de atividades que compõem os métodos de execução de trabalho necessários para alcançar os objetivos da organização.

No processo de negócio, as atividades manipulam as informações, utilizando os recursos e a organização da empresa, compreendendo uma unidade coesa voltada para o objetivo comum, normalmente direcionada a determinado mercado ou cliente com fornecedores definidos.

Weske (2007) afirma, de maneira mais ampla, que processos de negócios são formados por um conjunto de atividades que são realizadas em coordenação com um ambiente técnico organizacional.

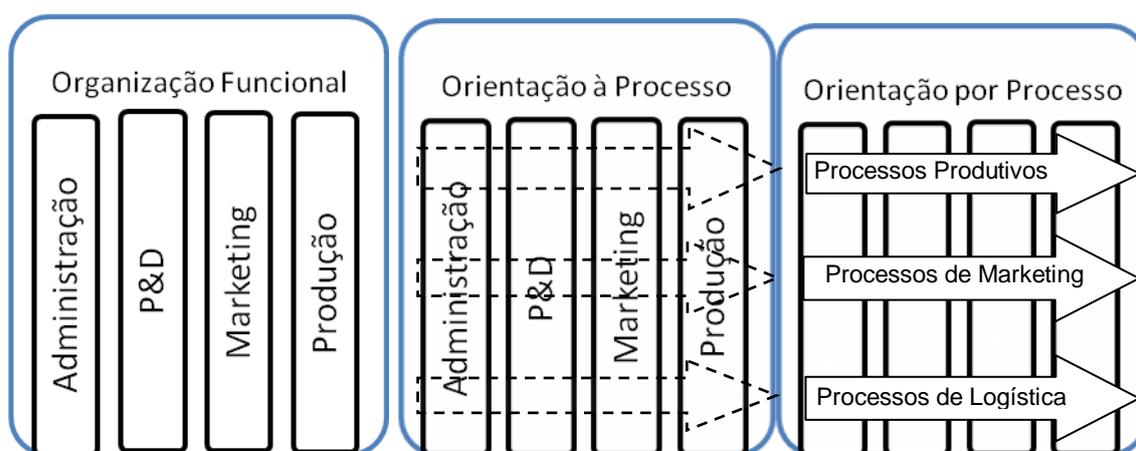
Para Jeston e Nelis (2006), o BPM é a realização das estratégias corporativas de uma organização, por intermédio da melhoria contínua do gerenciamento e controle dos seus processos de negócios essenciais. De forma geral, o gerenciamento é uma função transversal com uma abordagem estruturada, que controla a utilização dos recursos e possibilita a orquestração adequada das atividades operacionais de uma empresa.

A norma ISO 9001:2000 apresenta a definição de que um processo é um conjunto de tarefas ordenadas, interligadas e sucessivas, com sua parte inicial e final definidas, através das quais são elaborados produtos e serviços. Também encontramos a definição de que a organização deve ser retratada por seus processos de negócios principais e não pelo seu organograma. A norma cita em

princípio quatro processos que traduzem que “um resultado desejado é mais eficientemente atingido quando os recursos e atividades são gerenciados como um processo”.

Existem vários pontos de vistas funcionais sobre processos de negócios, a Figura 11 ilustra três destas vistas. Na orientação a processos as atividades são voltadas e dirigidas por processos de negócios, mas as funções ainda têm prevalência.

Figura 11 - Abordagens de um processo de negócio



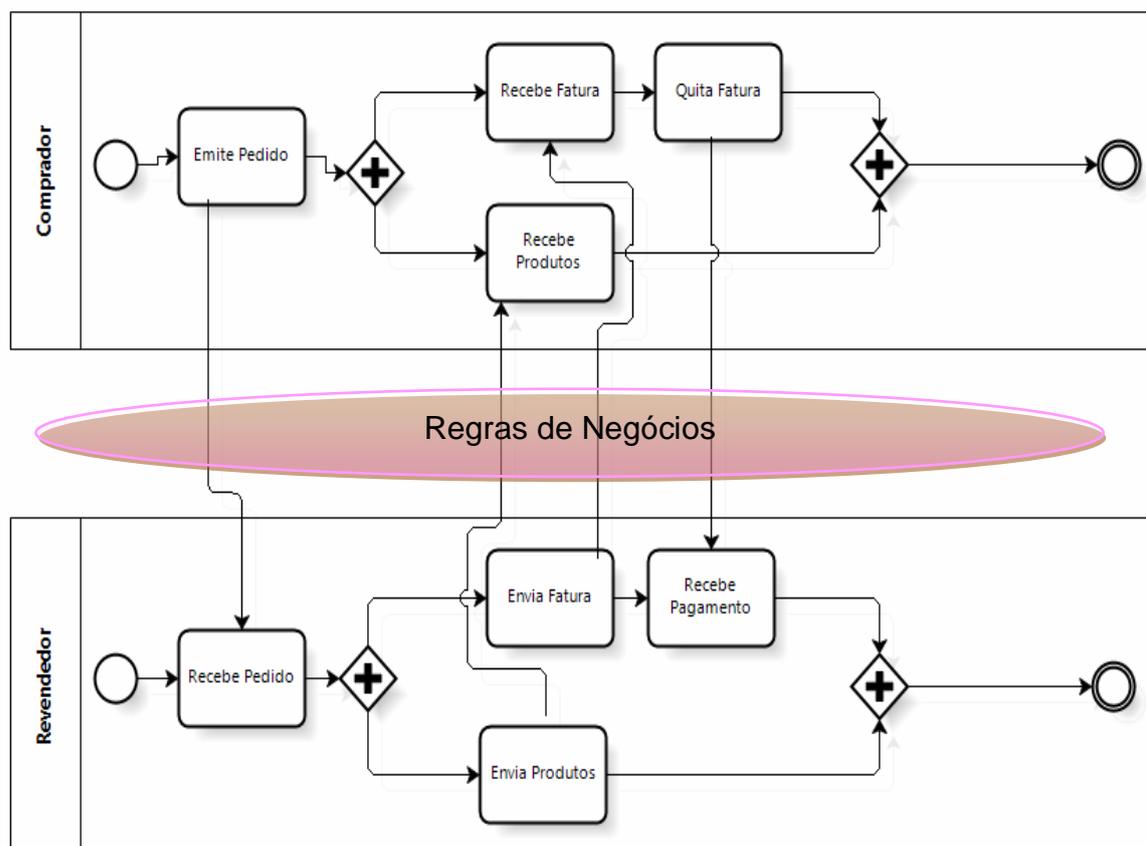
Fonte: Adaptado de Abreu, 1999.

Nessa abordagem é enfatizada a importância de entendimento e atendimento aos requisitos sistêmicos; da necessidade de considerar os processos em termos de valor agregado; da obtenção de resultados de desempenho e eficácia de processos; e da melhoria contínua de processos baseada em medições objetivas. (Abreu 1999).

Uma definição de Weske (2007) afirma que processos de negócios compreendem o conjunto de funções de negócios conectadas, onde as conexões são controladas por regras de negócio, individuais a cada unidade ou empresa e para determinados intervalos de tempo.

Pode-se observar uma interação, Figura 12, onde ambos os processos de negócios, revendedor e comprador, são interligados através do fluxo de informações e de materiais que regem sua relação, controlados por regras de negócios estabelecidas entre as partes.

Figura 12 – Regras de Negócios



Fonte: Adaptado de Weske, 2007.

3.1 CICLO BPM

O método BPM desenvolve-se ao longo de quatro etapas de desenvolvimento (Baldam, 2007) e pode ser seguida por grupos de melhoria formados pela equipe envolvida nos processos, os executores e as partes interessadas. As etapas tratadas anteriormente são: Planejamento, Modelagem, Execução e Controle.

Na primeira etapa, Planejamento, são definidas as atividades de BPM necessárias para que as metas da organização sejam alcançadas, ou seja o projeto conceitual, regras de negócio e os resultados desejados.

Na etapa de Modelagem, é feito o desenho do processo de negócio. Essa modelagem é desenvolvida em dois estágios: o primeiro estágio é a modelagem do estado atual do processo, no qual o importante é registrar o estado atual do processo exatamente como ele ocorre, com suas falhas e carências. O segundo

estágio dessa etapa de Modelagem é a representação do estado futuro, desejado, quando aparecem mais concretamente as formas de melhoria do processo, utilizando abordagens de otimização. Os resultados desta nova modelagem poderão alavancar o redesenho do processo e a documentação suporte deste redesenho. Uma confirmação do alinhamento à estratégia, um plano de desenvolvimento e treinamento da equipe ou ainda a geração de relatório de impactos ou um novo plano de comunicação do processo, também são resultados na nova modelagem.

A etapa de Execução é constituída pelo momento em que o novo modelo é posto em prática, sendo analisadas as mudanças ocorridas bem como os impactos positivos e negativos das mesmas ao processo de negócio. Segundo Baldam (2007), a implantação dessa execução é tratada, muitas vezes, como um projeto, podendo ser aplicadas as diretrizes do PMI. A última etapa é a de Controle, com a análise dos dados obtidos no novo processo serão montados indicadores gerais que o avaliarão.

O ciclo de vida de processos de negócios, Figura 13, tem início com a fase de design e análise em que são realizadas pesquisas sobre os processos de negócio e a sua organização e seu ambiente técnico. Munidos e baseados nesses questionários esses processos são analisados, validados, simulados e verificados, por fim são representados por modelos, ou modelagem dos processos, etapa que pode ser realizada em qualquer sistema de suporte a modelagem BPM.

Os processos bem mapeados e expressos em gráficos contribuem para a comunicação entre os mesmos e também os stakeholders a redefinir sempre que necessários os processos. Técnicas de modelagem de processos de negócios, bem como a validação, simulação e técnicas de verificação são utilizadas durante esta fase.

Com base na pesquisa e os resultados das atividades empresariais, o processo de melhoria é formalizado através da modelagem de um processo de negócio único e particular.

Uma vez que o projeto inicial de um processo de negócio é desenvolvido, ele precisa ser validada. Para tanto um instrumento útil para isso é um workshop, durante o qual as pessoas envolvidas discutem todo o processo. Os participantes do workshop verificam se todas as instâncias do processo de negócios são refletidas e validadas pelo modelo de processo de negócio.

As técnicas de simulação podem ser usadas para apoiar esta validação, pois certas sequências de execução indesejadas podem ser simuladas e também mostram, caso haja, déficits na modelo de processo. Simulação de processos de negócio também permite que os envolvidos percorram o processo passo a passo para verificar se o processo realmente age como desejado. Modelagem de processos de negócios tem um caráter evolutivo constante, no sentido de que o modelo do processo é analisado e melhorado, focando o que ele realmente se propõe a representar.

Quando o modelo de processo de negócio é projetado e verificado, ele precisa ser implementado, podendo ser implementado por um conjunto de políticas e procedimentos que os colaboradores da empresa têm a necessidade de respeitar. Neste caso, um processo de negócio pode ser realizado sem qualquer apoio por um sistema dedicado de gestão de processos de negócios. O modelo de processo de negócio é reforçado com a informação técnica que facilita a aprovação do processo pelo sistema de gestão.

O sistema precisa ser ajustado e configurado de acordo com o ambiente organizacional da empresa e os processos de negócio. Essa configuração inclui a interação dos funcionários com o sistema, bem como a integração dos sistemas de software existentes na empresa com o sistema de gestão de processos de negócios.

Uma vez que o sistema está configurado, a implementação do processo de negócio precisa ser testada.

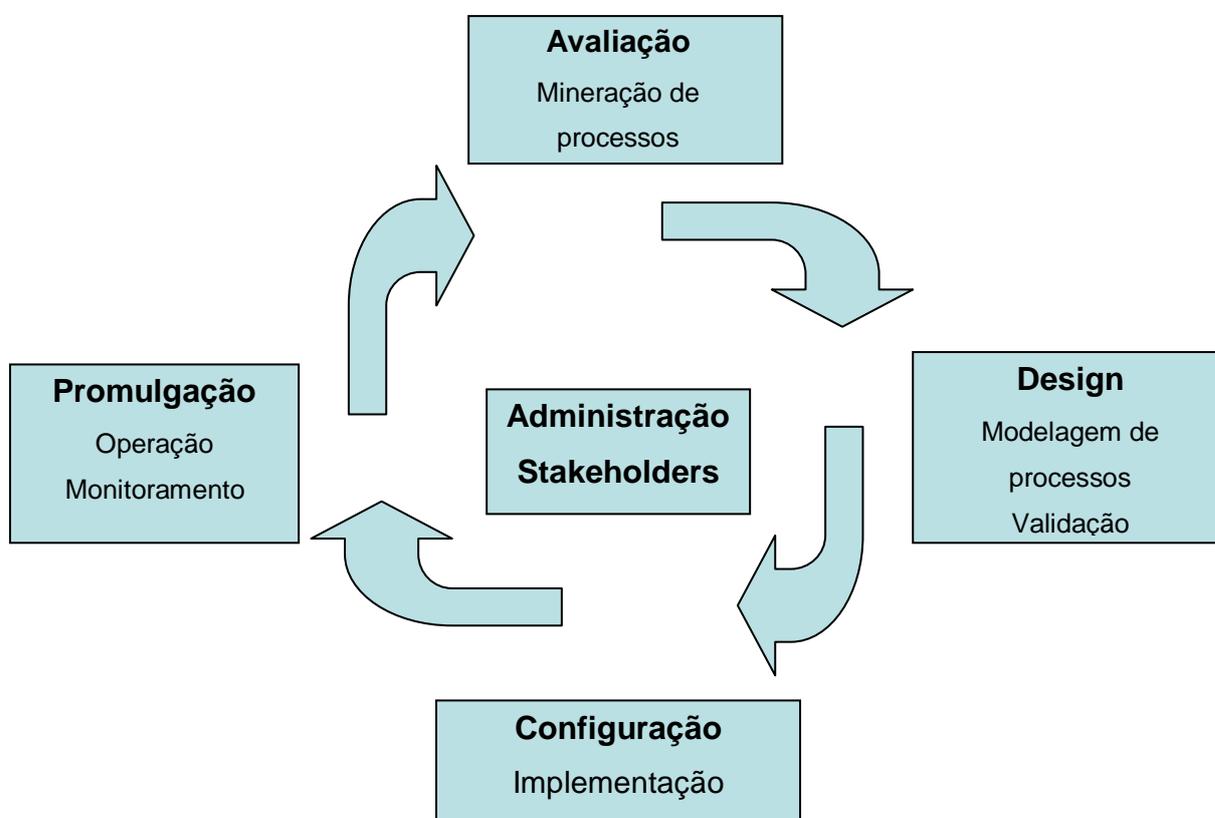
Concluída a fase de configuração do sistema, os casos de processos de negócios podem ser promulgados. A fase de promulgação do processo consiste na execução, em tempo real, do processo de negócio. Instâncias de processos de negócios são iniciadas para cumprir os objetivos de negócio de uma empresa. O início de uma instância do processo segue normalmente um evento definido, por exemplo, o recebimento de um pedido enviado por um cliente.

O sistema de gerenciamento de processo de negócio controla a execução de instâncias de processos de negócios, tal como definido no modelo do processo. O monitoramento do processo é uma importante ferramenta para fornecer informações exatas sobre o estado dos negócios do processo.

Informações detalhadas sobre o estado atual de instâncias do processo estão disponíveis em um sistema de gestão. A maioria dos sistemas de gestão empresarial fornece informações de monitoramento que são baseados em estados de processos de negócio ativos. Durante a execução de processos de negócios, dados de execução valiosos são recolhidos e devem ser armazenados por um tipo de arquivo log. Esse arquivo de log é composto de um conjuntos ordenados de entradas, indicando os eventos que ocorreram durante os processos de negócio. Estes logs de informação formam a base para a avaliação de processos na próxima fase o ciclo de vida de processos de negócios, que é a avaliação.

A fase de avaliação utiliza as informações disponíveis para avaliar e melhorar os modelos de processo e suas implementações. Os logs são avaliados através do monitoramento das atividades de negócios e técnicas de mineração de processo visando identificar a qualidade dos modelos de processos de negócio e a adequar o ambiente de execução.

Figura 13 - Modelo de ciclo de vida de processos de negocio.



3.2 BPMS

O *Business Process Management System* (BPMS) é uma plataforma de software que permite ao usuário projetar, executar e gerenciar um processo de negócio. Ainda pode-se entender que o BPM é a habilidade de entender e controlar as muitas partes de um processo complexo. Logo os BPMS vêm com esta função de controlar todas as partes dos processos de negócio.

Para entendermos bem o que de fato é o BPMS é necessário entender sua arquitetura que se inicia com a importância da disponibilidade de um eficaz ambiente para integração entre sistemas de informação. O modelo conceitual de arquitetura de um BPMS valoriza os investimentos já realizados em softwares pelas organizações envolvidas com o processo de negócio, diferentemente da estratégia da reengenharia de tempos anteriores. No modelo conceitual BPMS, os sistemas de informação ligados, hospedados em diferentes ambientes computacionais, continuam a executar as operações necessárias ao processo de negócio. Estes sistemas ligados são coordenados pelo ambiente de gestão do processo do BPMS. Desta forma pode-se observar que o modelo conceitual do BPMS não está fundamentado na “elaboração de softwares ou de módulos, mas na junção e orquestração de partes de softwares já disponíveis” (Aalst, 2004).

Pesquisa recente analisou mais de uma centena de BPMS disponíveis no mercado e apontou três aspectos que os diferenciam quanto a capacidade de monitoramento, a capacidade de automação e a capacidade de integração entre sistemas de informação.

Como uma ferramenta não de execução do processo, mas sim de gerenciamento, o BPMS desempenha o papel de organizador e controlador. Para compreendermos melhor a arquitetura BPMS vamos estudar suas partes:

1. Repositório de Definição de Processo: As regras que comandam o BPMS que são responsáveis por disparar cada uma das informações estão armazenadas neste componente do BPMS. Neste estão colocadas e descritas as atividades, regras para identificação de início e término de cada atividade, as sequências de trabalho possíveis de ocorrerem, entre outras informações importantes à coordenação do processo. Todas essas informações são introduzidas no sistema BPMS pelo operador analista de negócios, que deve focar nos aspectos do processo e no ambiente de negócios.

2. Ferramentas de desenho: São fundamentais para o desenvolvimento das especificações da lógica do processo de negócio. Diagramas de processo e diagramas de interação são alguns exemplos disponíveis nas ferramentas BPMS. A descrição de regras de negócios, eventos e ações podem ser especificadas para diversos objetos dos diagramas, por exemplo, pode-se definir o evento necessário para o seu o disparo de uma atividade. As ferramentas de desenho armazenam e manipulam dados do Repositório de Definição de Processo.

3. Motor de Processo: Parte responsável pela constante interpretação e execução do código fonte. Das instruções de controle do processo, inseridas gera-se o código executável a ser utilizado pelo sistema BPMS no acompanhamento do processo. Os softwares que desempenham o papel do motor do processo são processados diretamente sobre os dois repositórios de dados do BPMS, Repositório de Instâncias do Processo e Repositório de Definição de Processo. Isso se dá devido à forte dependência do motor do processo em ter acesso aos dados dessas duas bases de dados para efetivamente poder controlar o processo.

4. Repositório de Instâncias do Processo: Armazena as informações do sistema para as pessoas e departamentos, faltando descrever o fluxo inverso, das pessoas e departamentos para o sistema BPMS.

5. Repositório de Definição de Processo: Local onde estão armazenados os valores de vários parâmetros necessários para o controle do processo. O BPMS apresenta ao operador, de forma gráfica e intuitiva, uma lista das variáveis a serem preenchidas para definição de uma regra de negócio, desde o evento que a inicia até o evento de sua conclusão.

6. Instalação e Configuração: A definição das configurações do BPMS ocorre por meio deste componente. É a partir destes componentes que dados são inseridos, alterados ou excluídos do Repositório de Definição de Processo.

7. Repositório de Instâncias do Processo: Componente onde está assinalado o caminho já percorrido por cada uma das instâncias. Uma instância de ocorrência pode ser percebida pelo BPMS, ou seja, posição de processamento dentro do fluxo do processo. Cada informação que chega ou sai do BPMS tem seus fatos básicos apontados neste componente. Ao se ter o número identificador de uma determinada instância, rapidamente se sabe sua situação dentro do processo, bastando acessar a última ocorrência gravada. Pode-se afirmar que este

componente trata dos dados necessários para operação e gerenciamento do processo.

8. **Monitoramento e Gerenciamento:** Este componente permite o gerenciamento e acompanhamento do processo de diversas formas. O painel de controle do processo é uma das mais interessantes e utilizadas. É nele que se observa o status de cada uma das atividades que o compõem, com a exibição do caminho crítico entre outros indicadores importantes para o operador. Ele é uma representação dinâmica e real do ambiente produtivo.

9. **Gerenciador de Transição:** O status de uma instância em processamento pode ser:

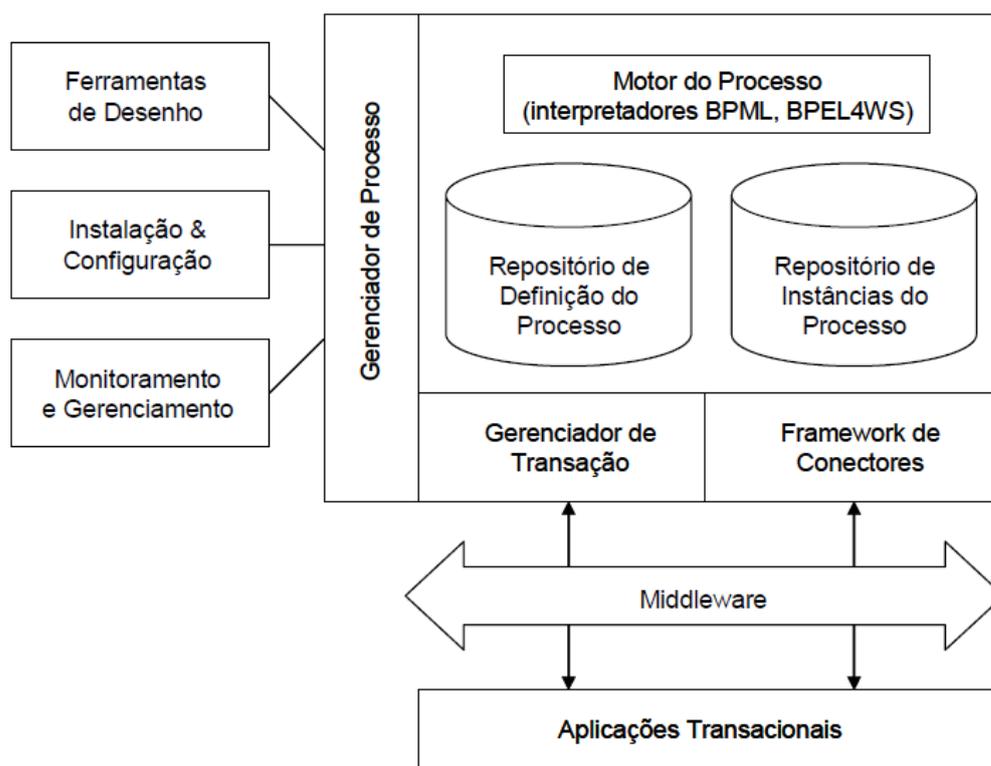
- Em processamento;
- Processamento suspenso e sua justificativa;
- Processamento cancelado e sua justificativa;
- Processamento concluído, entre outros.

Conforme o status do processamento o software BPMS pode, a partir das regras do processo de negócio armazenadas, tomar as decisões cabíveis ao bom andamento da instância do processo de negócio, acionando outro software, avançando para outra atividade do processo de negócio deixando parte do trabalho em suspenso no aguardo do retorno do sistema, notificando o gestor do processo e notificando o responsável pelo sistema em demora ou suspenso.

10. **Middleware e Framework de Conectores:** Estes são componentes fundamentais à integração e transparência necessária ao BPMS com relação aos avanços reais de uma determinada instancia do processo. Este avanço esta relacionado a uma determinada atividade implementada e executada por meio de software e que não necessariamente esta no mesmo ambiente computacional do sistema BPMS.

Para vermos de forma lógica a arquitetura BPMS podemos observá-la na Figura 14.

Figura 14 – Arquitetura BPMS



Fonte: Krafzig, Banke, Slama, 2004

3.3 ARQUITETURA WFMC

Antes de abordarmos diretamente a arquitetura proposta pelo WFMC é necessário conhecermos os conceitos que envolvem o “*workflow*”, ou em português “fluxo de trabalho”.

O fluxo de trabalho preocupa-se com a automação de procedimentos onde informações, tarefas ou documentos são passados entre os participantes, seguindo um conjunto de regras definidas, a fim de alcançar e contribuir com o objetivo geral do processo em questão. Onde está compreendido pela automação de processos, compostos de atividades realizadas por operadores e/ou por equipamentos, principalmente aquelas onde há interação com ferramentas de TI (Tecnologia da Informação). Pode-se assim entender o fluxo de trabalho como um meio de visualizar, analisar e melhorar os processos, sempre buscando a automação por ferramentas específicas.

O WfMC coloca que fluxo de trabalho é: “O apoio ou a automação computadorizada de um processo de negócio, em seu todo ou em parte”. (WfMC, 1995).

Em seu livro “*Workflow Strategies*”, Kobielus (1997), define fluxo de trabalho da seguinte maneira: “Fluxo de trabalho pode ser definido como o fluxo de informações e controle num processo de negócio”.

Aalst e Hee (2002) afirmam que sistemas de gerenciamento de *fluxo de trabalho* permitem a “extração” dos processos de gestão a partir de programas direcionados. Esses sistemas podem ser implementados com a finalidade de obter flexibilidade, integração, otimização de processos, mudanças organizacionais, etc.

Ainda podemos entender o fluxo de trabalho como um conjunto de coordenadas de atividades que são interligadas com o objetivo de alcançar uma meta comum.

O fluxo de trabalho fornece as instalações necessárias para a conclusão dos processos logísticos. Em certos casos, vários deles funcionam lado a lado, ou em sequência, lidando com parte dos casos e/ou processos. As funcionalidades do mecanismo incluem: criação de novos casos e remoção dos casos concluídos; encaminhamento de casos, usando a interpretação do processo adequado à situação; envio de itens de trabalho para os recursos corretos, com base na classificação de recursos; gerir e tratar *triggers* (gatilhos); iniciar uma aplicação durante a execução de uma atividade; gravar dados históricos; fornecer um resumo do fluxo de trabalho; acompanhar a consistência do fluxo de trabalho.

Além do entendimento do fluxo de trabalho é necessário compreender outros conceitos, como:

- **Atividade:** É o elemento fundamental de trabalho do fluxo de trabalho, pois é o conjunto de eventos que executa um passo lógico que pode ser realizado por vários atores e está sob responsabilidade de um ator;
- **Item de trabalho:** Representação do trabalho a ser processado por um ator em uma instância do fluxo de trabalho;
- **Processo:** Conjunto de atividades que visam a um mesmo objetivo e possuem uma ligação lógica dentro do fluxo de trabalho, assim um processo pode ter vários sub processos, sendo que o próprio fluxo de trabalho pode ser considerado um processo;

- Papel: A cada atividade são associados tipos de usuários que podem executá-la ou ser responsável por ela, esta definição de tipo de usuário corresponde a um papel;
- Ator: Participante do fluxo de trabalho que poderá assumir um papel e executar uma atividade durante a execução de uma instância, pode ser tanto uma pessoa quanto um sistema automatizado;
- Instância: É a representação de uma única ocorrência de um fluxo de trabalho em execução, incluindo seus dados; evento: acontecimento observável, diferindo-se de atividades, pelo fato de elas estarem associadas a um intervalo de tempo, enquanto o evento ocorre em um determinado instante de tempo, podendo disparar atividades, assim como atividades podem disparar eventos;
- Gatilho: Compreende o objeto, evento ou atividade, que é o disparo para uma atividade ou evento.

Compreendidos os conceitos acerca do fluxo de trabalho, pode-se notar que há organização nesses elementos e outros elementos. Isso ocorre devido ao esforço de um consórcio de empresas que fazem uso do fluxo de trabalho e interessam-se pelo seu desenvolvimento. O WFMC (*Workflow Management Coalition*) é um consórcio internacional de empresas produtoras de tecnologia de fluxo de trabalho, que visam estabelecer padrões para tal produção, viabilizando a intercomunicação entre as ferramentas que sejam construídas, utilizando-se desses padrões. Essa intercomunicação é o principal foco dos trabalhos do WFMC, pois faz com que a elaboração de sistemas esteja condizente com os padrões.

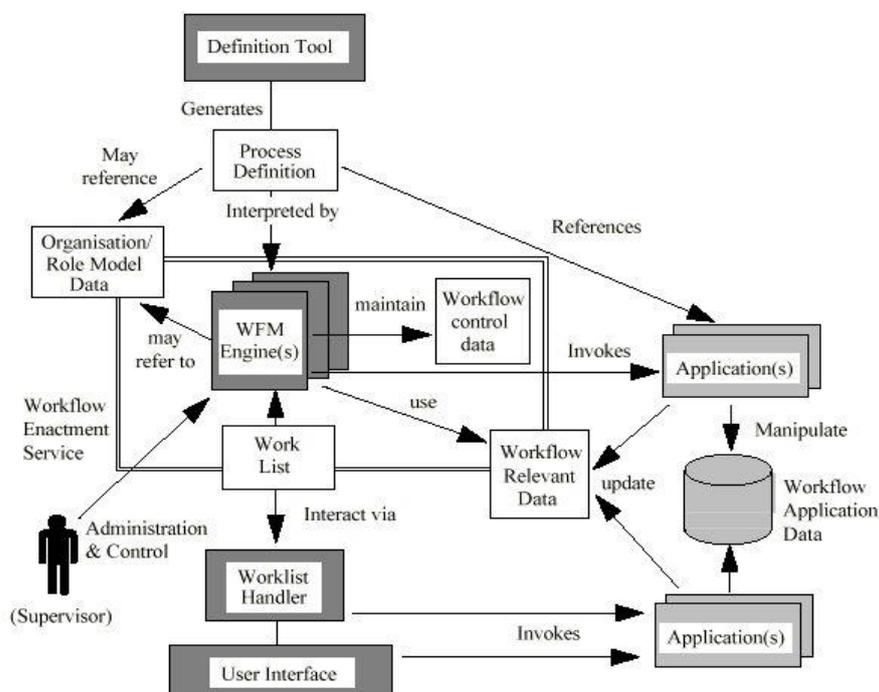
Um sistema de gerenciamento de fluxo de trabalho, ou *Workflow Management System (WFMS)* é definido como “um sistema que, de maneira completa, define, gerencia e executa “fluxo de trabalhos” através da execução de software cuja ordem de execução é controlada por uma representação computadorizada da lógica do fluxo de trabalho” (WFMC, 1995), além de dar suporte ao trabalho cooperativo, onde se enfatiza a interação entre usuários e não apenas o usuário/sistema.

O WFMC propôs um modelo genérico de funcionamento e organização desses produtos, em meio a todas as diferenças entre os produtos encontrados no mercado. Oferecendo uma base para a identificação de áreas suscetíveis à construção de interfaces comuns, e dele parte o modelo de referência para a padronização “Este modelo identifica os principais componentes funcionais de um

sistema de fluxo de trabalho e as interfaces entre eles, num modelo abstrato” (WFMC, 1995).

O modelo genérico de funcionamento relaciona os motores do fluxo de trabalho com o supervisor, para administração e controle, relaciona-se também com a definição do processo, vinda da definição de ferramentas e a lista de tarefas. Há também a conectividade do banco de dados com aplicação externa e filha, invocadas pela interface com o usuário ou pela definição do processo, conforme apresenta a Figura 15.

Figura 15 – Estrutura geral de um produto de fluxo de trabalho



Fonte: Hollingsworth, 1995

- *Process Definition Tools* - usado para criar uma representação formalizada e processável do processo analisado. Pode fazer parte do produto de fluxo de trabalho específico ou de um software de análise de processos mais geral. A funcionalidade básica da ferramenta de definição de processo consiste nos seguintes elementos:

- Capacidade de estabelecer definições de processos tais como nome, descrição, data versão, componentes, e outros;

- Suporte de gerenciamento de versão, pois existe a possibilidade de existirem mais de uma versão do mesmo processo;
- Especificação das tarefas realizadas no processo de negócio;
- Capacidade de modelagem sequencial, paralela, seletiva, e iterativa de roteamento por meio de componentes gráficos;
- Definição de atributos de casos utilizados no processo de negócio;
- Verificação da precisão de uma definição do processo de negócio e determinar a origem de eventuais omissões ou inconsistências no modelo.

- *Workflow Enactment Service* - chamado aqui de serviço de “interpretação” de fluxo de trabalho, “interpreta as definições de processo e controla a instanciação de processos e o sequenciamento de atividades, adicionando itens de trabalho para as listas de itens de trabalho dos usuários, e invocando as aplicações necessárias” (WFMC, 1995). Este serviço é feito por meio de um ou mais motores de gerenciamento de fluxo de trabalho (*Workflow management engines*), que mantém dados internos de controle (*Workflow control data*), os quais representam informações associadas às várias instâncias de processos e atividades que estão sendo executadas;

- *Worklist Handler* e *User Interface* - quando interações com usuários são necessárias durante a execução do processo, o motor do fluxo de trabalho coloca itens na *worklist* para serem controlados e geridos (WFMC, 1995). O *worklist handler* é uma camada de software que cuida das interações entre os usuários e o sistema de fluxo de trabalho através das listas de itens. É responsável por fazer progredir o trabalho quando ele necessita da atenção de um usuário. Pode ser uma aplicação simples ou até um software complexo, desde que também cuide de alocação e balanço de carga de trabalho entre usuários. Geralmente, também suporta outras funções, como *login* e *logout* de usuários. A interface com o usuário é apresentada no diagrama como peça separada, pois o WFMC enxerga que há maior flexibilidade no seu tratamento. O WFMC também prefere o termo *workflow client application*, ou aplicação-cliente de fluxo de trabalho, para designar o *worklist handler*, pois entende que desse modo expressa-se melhor sua variedade de capacidades;

- *Workflow Relevant Data e Application Data* - quando há decisões sobre a navegação entre as atividades de um processo, ou sobre outras operações de controle do sistema, baseadas em dados gerados ou atualizados pelas aplicações externas ao produto de fluxo de trabalho, esses dados então devem ser acessíveis ao motor de fluxo de trabalho (*workflow engine*, que é o mesmo que *workflow management engine*), e a eles se dá o nome de *Workflow relevant data*. São os dados provenientes de entidades externas ao motor do fluxo de trabalho, mas que fazem diferença no controle dos processos. Os dados das aplicações não são acessíveis diretamente ao motor do fluxo de trabalho, mas apenas são manipulados pelas aplicações externas, embora o WFMS possa ter a necessidade de transferir estes dados entre diferentes aplicações.

Em 1995, o WFMC propôs um modelo de referência a fim de especificar padrões na área de fluxo de trabalho. Este modelo é uma descrição geral da arquitetura de um sistema de gerenciamento de fluxo de trabalho, apresentado na Figura 16, que é distribuído em cinco interfaces de interoperabilidade e comunicação, que possibilitam a coexistência e interação dos diferentes sistemas de fluxo de trabalho com o ambiente do usuário.

O WFMC coloca que “todos os sistemas de fluxo de trabalho contêm componentes genéricos que interagem de determinadas maneiras. Diferentes produtos tipicamente exibirão diferentes níveis de capacidade desses componentes. Para se chegar à interoperabilidade entre produtos de fluxo de trabalho, um conjunto de interfaces e formatos de troca de dados padronizados se faz necessário” (WFMC, 1995).

Para o melhor entendimento do modelo é necessário conhecer melhor as interfaces que o compõe, a troca de dados e o motor do fluxo de trabalho. Desta forma, a seguir, temos as interfaces:

- *Workflow Enactment Service* - O sistema de interpretação de fluxo de trabalho é “um serviço de software que pode consistir de uma ou mais motores fluxo de trabalho para criar, gerenciar e executar instâncias de fluxo de trabalho” (WFMC, 1995). Têm o objetivo de prover o ambiente de execução onde as ações de instanciar, controlar e terminar os processos dados, através das definições de processos são realizados. Por razões técnicas, o *Workflow Enactment Service* pode possuir vários motores de fluxo de trabalho. Seu uso pode, por exemplo, melhorar a

varredura de todo o sistema, desta forma o trabalho é distribuído entre eles. Esta distribuição pode basear-se nas características de cada caso, tarefa ou recurso;

- *Motor Workflow* - parte fundamental do fluxo de trabalho, podendo ser considerada como o núcleo do sistema de interpretação, a motor de fluxo de trabalho é “um serviço de software que provê o ambiente de execução para uma instância de fluxo de trabalho” (WFMC, 1995). Ou seja, é o software realmente responsável pelo processamento das instâncias dos processos executados pelos sistemas de fluxo de trabalho. Enquanto o *enactment service* lida com a instanciação do fluxo de trabalho de maneira mais abstrata, o motor cuida de realizar todo o processamento. Aqui se pode pensar que, da maneira como o modelo é proposto, o conceitual separa um componente central de processamento de um mais externo, responsável por encapsular o primeiro e abstrair suas funções. Mas a implementação pode fazer com que tudo isso seja colocado em um único bloco de software. No motor do fluxo de trabalho, geralmente estão presentes os seguintes serviços:

- Interpretação da definição de processos;
- Controle das instâncias de processos;
- Navegação entre as atividades dos processos;
- Autenticação de usuários do sistema;
- Identificação de itens de trabalho que requerem a atenção de usuários e a interface para suportar interações com eles;
- Manutenção dos dados relevantes e de controle de *fluxo de trabalho*;
- Uma interface para a invocação de aplicações externas;
- Ações de supervisão, para a administração do sistema.

- *Workflow API and Interchange formats* - O conjunto também é referenciado por uma sigla, a *WAPI*, e representa “o conjunto de construções pelas quais os serviços do sistema de *workflow* podem ser acessados, e que regulam as interações entre o *software* de controle de fluxo de trabalho e os outros componentes do sistema” (WFMC, 1995). Como há de se ver, a *WAPI* circunda todo o sistema de interpretação de fluxo de trabalho. Não há diferença entre a *WAPI* utilizada por cada interface. Isso porque muitas de suas funções são comuns para duas ou mais dessas interfaces. Assim, o modelo define a *WAPI* como um conjunto centralizado de funções e formatos para a troca de informações. Quando se faz

apropriado, o modelo também define um conjunto de formatos de troca de dados para viabilizar o repasse de informações mais complexas entre as interfaces e o sistema de execução de fluxo de trabalho. É o caso dos padrões para as estruturas de dados que irão representar as definições de processos. São definidas estruturas específicas para representar uma definição de processos, que assim seria compreensível a todos os softwares desenvolvidos com base no modelo;

- Interface I - A interface especifica um padrão de interface entre ferramentas de modelagem e definição de processos e os serviços de execução de fluxo de trabalho, para a importação e a exportação destas definições. Nota-se que a máquina de fluxo de trabalho é apenas um dos componentes do sistema de gerenciamento. É também chamado pelo WFMC de *Process Definition Import/export Interface* (Interface de importação e exportação de definições de processos). Sua natureza consiste em “um formato de troca de dados e chamadas a funções da API (WAPI), que podem suportar a troca de informações das definições de processos em uma variedade de meios eletrônicos ou físicos” (WFMC, 1995);

Esta interface, assim como a definição do processo, deve ser classificada, de modo que as tarefas podem ser dissociadas de funcionários específicos. Mas esta interface fornece uma ferramenta de classificação dos recursos no qual o recurso é mostrado entre as várias classes de recursos podendo ser mostrado graficamente. Desta forma os seguintes itens são estabelecidos:

- Uma lista das classes de recursos, muitas vezes subdividida em papéis e unidades organizacionais;
- Características específicas de uma classe de recurso;
- Relação entre as classes de recursos diversos.

- Interface II - No modelo do WFMC, a interação entre as aplicações clientes do sistema de fluxo de trabalho e seu núcleo, a motor de fluxo de trabalho, ocorre através de uma interface bem definida, que abarca o conceito de *worklist* (WFMC, 1995). Essa *worklist* é o nome dado aos itens de trabalho designados a um participante específico (ou a um grupo de participantes) do processo. Pode conter itens que se relacionam com diferentes estados dos processos executados, também pode ter de interagir com vários motores de fluxo de trabalho diferentes. Por tudo isso, é da visão do WFMC que a esta interface seja flexível o suficiente no suporte

às informações sobre os identificadores de processos e atividades; nomes e endereços de recursos necessários aos processos; referências e estruturas de dados utilizadas; e mecanismos alternativos de comunicação. Como já adotada em outras interfaces, a metodologia para prover essa comunicação entre as ferramentas clientes e o núcleo do sistema é a existência da WAPI. Para isso, ela deve ser construída utilizando vários sistemas alternativos de comunicação (e-mail, protocolos especiais, Internet, sistemas de arquivos locais, entre outros), de maneira a contemplar os diversos ambientes de implementação de sistemas de fluxo de trabalho que podem ocorrer (e até é esperado que ocorram). A funcionalidade básica desta interface deve ser oferecida por um manipulador de lista de trabalho que abrange o seguinte:

- A apresentação dos itens de trabalho que podem ser executados por um empregado;
 - Capacidade de classificar e selecionar, com base nas propriedades da lista;
 - Disponibilização de propriedades relevantes de um item de trabalho como informações da tarefa;
 - Fornecimento de informação de *status* referente ao estado do mecanismo de fluxo de trabalho;
 - O início de uma tarefa para um caso específico de um item de trabalho;
 - Capacidade de comunicar a realização de uma atividade.
-
- Interface III - Em algum estágio de um processo executado em um sistema de fluxo de trabalho, pode ser necessária a intervenção humana. Quando isso ocorre, geralmente há a necessidade da utilização de aplicações externas ao sistema de fluxo de trabalho que produzam dados, documentos ou outro tipo de informação que seja necessária à completude do processo. Isso torna as aplicações candidatas imediatas à execução automática no momento da sua necessidade, pelo próprio sistema de fluxo de trabalho. Pode-se assumir que as implementações de um sistema de fluxo de trabalho não terão a lógica necessária para invocar todas as potenciais aplicações externas em um ambiente heterogêneo (WFMC, 1995). No outro extremo, pode haver aplicações *workflow enabled*, ou seja, que possuem em sua implementação chamadas à WAPI, o que as possibilitaria interagir diretamente com os sistemas de fluxo de trabalho. Essa diversidade traz dificuldades na

especificação de uma interface abrangente para a invocação de aplicações externas. Em geral, existe uma distinção clara entre as aplicações cliente que são invocadas. Elas podem ser aplicações interativas ou totalmente automáticas.

Uma aplicação interativa é sempre iniciada com o resultado da seleção de um item de trabalho a partir da lista de trabalho. Pode ser uma ferramenta de escritório padrão, como um processador de texto ou uma planilha ou ainda um programa desenvolvido especialmente para o processo de negócio.

Aplicação totalmente automática não requer a interação com o operador. É, portanto, uma parte de uma tarefa que pode ser realizada sem um pedido direto do operador. Um exemplo disso poderia ser um programa que realiza um cálculo que é executado automaticamente havendo a necessidade.

- Interface IV - tem como objetivo permitir que um sistema de fluxo de trabalho de diferentes “fabricantes” possa interagir, passando itens de trabalho, processos, atividades, entre outros elementos de fluxo de trabalho, entre si, e cooperar para a execução de um mesmo processo. Há de se notar que, para esse modelo dar certo, necessita-se de que todos os sistemas de fluxo de trabalho integrados possam interpretar uma versão padronizada de uma definição de processos, e, além disso, necessitam compartilhar os mesmos dados de controle de fluxo de trabalho, mantendo assim uma visão comum dos estados dos processos durante sua execução.

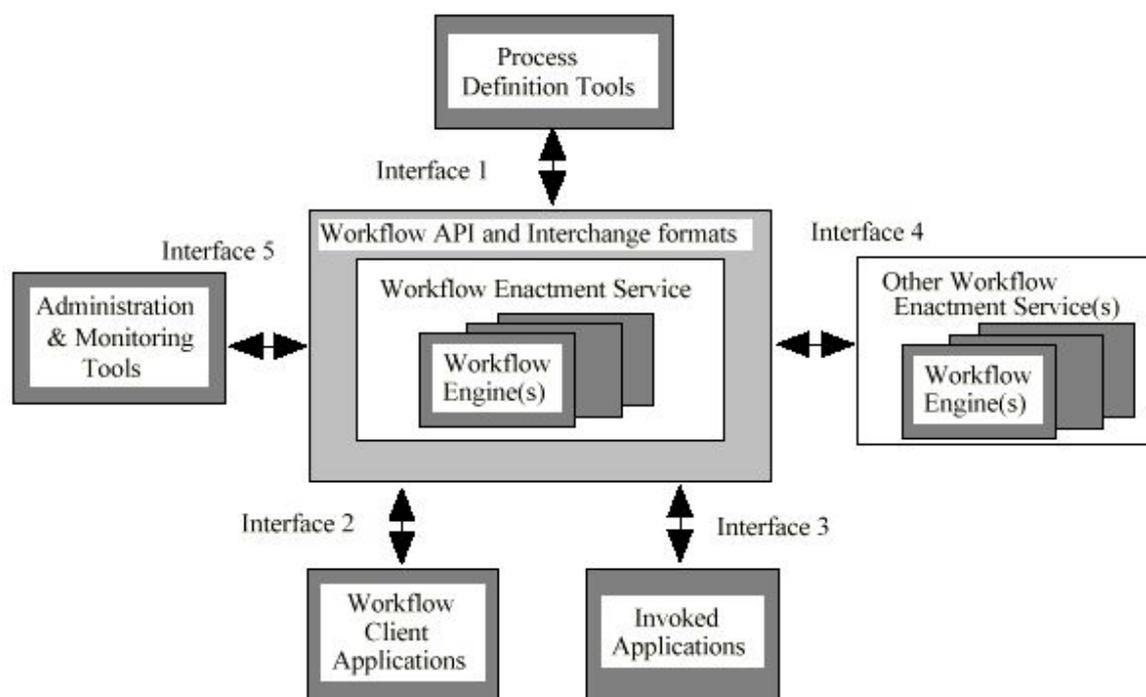
- Interface V - define um padrão para funções de monitoramento e controle, tornando possível a avaliação e extração de métricas do sistema, bem como estabelecer um modelo comum de auditoria de dados, funções relativas à segurança, controles e autorizações dentro do sistema. Visa possibilitar que ferramentas de administração e monitoramento de sistemas de fluxo de trabalho de desenvolvedores diversos possam funcionar com diferentes sistemas de fluxo de trabalho. Também visa permitir uma visão completa do status do trabalho, fluindo por meio da organização, não importando em qual sistema ele está rodando. A Interface V vai incluir chamadas específicas à WAPI, para manipular questões administrativas do fluxo de trabalho, inclusive em nível de segurança e autorizações. A ideia é então ter ferramentas de administração operando independentemente do sistema de fluxo de trabalho.

Esta interface abrange todas as operações relativas à gestão do fluxo de trabalho. Portanto, não é possível utilizar a ferramenta de gestão operacional para alterar a estrutura de um processo de negócio. As funções da ferramenta de gestão operacional para informações dos recursos relacionados incluem:

- Adição ou remoção de pessoal;
- Entrada e alteração de dados de um funcionário
- Implementação de definições de fluxo de trabalho;
- Reconfiguração do sistema de fluxo de trabalho (definição dos parâmetros do sistema).

Explorados os itens do modelo do WFMC, podemos entender de forma ilustrada o modelo apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Modelo de referência do WFMC - Componentes e Interfaces



Fonte: Workflow Management Coalition, 1995.

Ilustrado o modelo podemos compreender de forma integrada a relação das partes componentes citadas anteriormente. Os motores estão no interior das partes responsáveis pela comunicação com as interfaces. Controlados, organizados e armazenados, os dados que são gerados e geridos, são respectivamente

encaminhadas até as interfaces para que possam ser transformadas em informações e passadas aos setores ou usuários correspondentes. Do modo proposto temos um fluxo de dados e informações coordenadas para que toda a atividade seja tratada como um processo.

4 PROPOSTA DE UMA ARQUITETURA CMMS

Para que possa ser proposta uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção, é necessário que se levantem os requisitos necessários a esse sistema, para que sua concepção seja correta, além de entender esses requisitos como processos necessários ao sistema. Para atender ao objetivo desse trabalho e voltar à arquitetura desse sistema ao entendimento de um sistema baseado no referencial WFMC, também é necessário que se faça uma relação entre esse referencial e os processos. Devendo o sistema ser modelado voltado a processos de negócios, então os processos levantados devem se relacionar com o referencial WFMC, fazendo parte integrante do sistema.

Para que se entenda melhor o fluxo desse estudo, uma figura, Figura 17, é colocada a seguir; ela ilustra as etapas realizadas no estudo a partir desse ponto até a concepção da arquitetura proposta, passando pelo levantamento de requisitos e processos de um CMMS e um enquadramento deles ao referencial WFMC.

Figura 17 – Fluxo de Desenvolvimento



Fonte: o autor, 2013.

Entende-se a figura apresentada anteriormente como se tratando das etapas seguidas para se chegar à arquitetura proposta a partir desse ponto.

O primeiro quadro representa o subcapítulo 4.1 que aborda a metodologia de Processo Unificado, ou UP (*Unified Process*), metodologia utilizada para validar o levantamento de requisitos por processos.

O segundo quadro, na Figura 17, está relacionado com os processos levantados como requisitos a serem atendidos na proposição da arquitetura fruto desse trabalho. Esses requisitos são resultados dos processos que foram encontrados nas arquiteturas ou modelos CMMS estudados no início do trabalho; listados em uma única tabela que relaciona os processo encontrados com as arquiteturas abordadas de forma a sinalizar os processos que cada arquitetura possui. Isto é realizado porque os requisitos da arquitetura proposta são os processos que aparecem em mais de uma arquitetura e que compõe serviços, funções e processos essenciais a um CMMS.

A terceira etapa é o quadro que representa o subcapítulo 4.2. Esse item faz a correlação dos processos levantados como requisitos com os componentes do referencial WPMC. Essa etapa se faz relevante visto que esse referencial tem como objetivo perseguir algumas virtudes consideradas fundamentais para um *software workflow*. São elas "A preocupação do abstrato, isto é, são genéricas com base no processo de negócio; Arquitetura independente, podendo ser utilizadas partes em outros *softwares*; Vocabulário, padronizar o vocabulário entre os *softwares* participantes do processo de negócio", Cruz (2006).

O último quadro da Figura 17 refere-se à proposição da arquitetura, objetivo do presente trabalho. Munido de todo o conhecimento levantado no início do trabalho, seguindo os requisitos levantados, a metodologia de *workflow* e processo de negócio, será, portanto, proposta a arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção voltado a processos.

4.1 REQUISITOS

Segundo Mello et al (2010) a Análise de Requisitos é a primeira atividade técnica no desenvolvimento de *softwares*, e pode ser entendida como responsável por definir os serviços que um sistema deve realizar, sua interface com os demais elementos e sob quais restrições o sistema deve operar. Os requisitos dos sistemas devem estabelecer o que o sistema deve fazer ao invés de como isso será feito.

Pode-se compreender os requisitos como uma coleção de sentenças que devem descrever de modo claro, conciso e consistente todos os aspectos do sistema proposto. Eles devem conter informações suficientes para suprir as necessidades dos implementadores para que construam um sistema que satisfaça os requerentes.

Conforme proposto por Sommerville (2003), um requisito descreve um serviço ou função que o sistema deve possuir e/ou realizar. Paralelamente, pode haver requisitos chamados de não-funcionais, que são restrições impostas tanto ao sistema quanto ao seu desenvolvimento, não agregando funções realizadas pelo sistema.

No decorrer das duas últimas décadas, uma série de métodos de análise e especificação e levantamento de requisitos foi desenvolvida; sendo poucas as propostas que visam à sistematização da definição e especificação de requisitos de forma menos subjetiva, ou seja, mais direta (Santander, 2002).

O Processo Unificado, ou UP, é um processo destinado ao desenvolvimento de sistemas que tem sua base de funcionamento voltada à funções e/ou serviços, sendo muito empregado na área de desenvolvimento de *software*. Esse processo é o resultado de três décadas de pesquisas, desenvolvimento e de uso prático. Como qualquer outro processo de desenvolvimento, o propósito do UP é determinar um conjunto de atividades necessárias para transformar requisitos em *software*. O UP é fundamentado em três boas práticas: dirigido por caso de uso, centrado em arquitetura e iterativo e incremental. Os casos de uso definidos para um sistema são a base de todo o processo de desenvolvimento. Nesse caso aplica-se bem ao contexto desse trabalho, uma vez que irá desenvolver-se uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção modelado a partir de arquiteturas já existentes, tendo-as como casos de uso, sendo incentivo para o levantamento de requisitos por processos.

O UP une as boas práticas no desenvolvimento de *software* e é base para a definição de várias metodologias encontradas no mercado para esta área, porém não existem métodos e ferramentas adequadas para seu uso como levantamento dos requisitos do negócio. Por isso, procura-se inserir nesse processo tarefas para o levantamento de requisitos baseados em modelagem de negócio, com o intuito de tornar mais sistemática esta etapa do desenvolvimento da arquitetura.

A metodologia que será utilizada nesse trabalho aplica-se a essa etapa do UP. Como o UP é voltado a processos e casos de uso, ele será utilizado como ferramenta de apoio metodológico e bibliográfico que provem embasamento teórico para sua utilização para que se valide a metodologia utilizada nesse trabalho.

Assim, pode-se obter os requisitos para a elaboração da arquitetura proposta por esse trabalho, para que se levante os processos de negócios envolvidos nas arquiteturas estudadas.

O UP é mais abrangente do que apenas a primeira etapa de levantamento de requisitos, porém, sua aplicação nessa pesquisa se detém até essa etapa, não sendo empregados todos os processos que constituem essa metodologia. Isso ocorre devido ao fato já explicado anteriormente, em que se explana sobre a sua utilização somente como alicerce desse tipo de levantamento de requisitos por processos.

Para que se obtenham as funções necessárias à arquitetura a ser proposta aqui, é viável que se resgate os conceitos aqui já expostos. Notou-se os conceitos relacionados aos sistemas CMMS, BPMS e o modelo referencial WFMC. Em síntese, há as fontes das funções necessárias, fruto desse levantamento de requisitos que será realizado adiante.

É necessário salientar que o Processo Unificado, UP, destinado ao levantamento de requisitos baseado em processo, se aplica somente às arquiteturas CMMS estudadas, já que o modelo e o referencial WFMC já são arquiteturas baseadas em processo de negócio. Por isso, suas funções requisitos serão somente retiradas e listadas. Depois de suscitadas as funções necessárias de cada um dos tipos de sistemas, elas serão elencadas de forma a obter somente as funções de uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção, voltado a processos e baseado no referencial WFMC.

Como as arquiteturas dos CMMS pesquisados já foram explanadas e expostas, nessa etapa, serão levantados seus processos de negócio de forma plural, ou seja, todos os processos presentes nas arquiteturas serão listados para que se agregue os processos similares a cada uma, ou à algumas delas. O fato da não totalidade permitir que o processo levantado seja validado, se dá pelo fato de se estar buscando uma arquitetura abrangente quanto a um sistema CMMS, e não de um sistema de gerenciamento da manutenção dedicado a um fim específico de determinada aplicação do sistema ou área industrial.

Para catalogar os processos presentes em todas as arquiteturas estudadas é necessário listá-los. Em vista disso, será possível ver com mais clareza a semelhança entre a composição das arquiteturas ou modelos e levantar os requisitos oportunos ao trabalho.

Nas colunas da Tabela 1 estão dispostos os modelos e arquiteturas de CMMS, nomeados de acordo com seu principal autor ou nome. Nas linhas estão dispostos todos os processos que foram encontrados nesses modelos e arquiteturas. Os processos com os mesmos nomes ou funções iguais estão alocados na mesma. A marcação na célula que intercepta linhas e colunas indica que esse processo da linha está presente na arquitetura correspondente à coluna marcada.

Em algumas arquiteturas ou modelos processos que tem finalidades pertinentes a outros processos de outras arquiteturas ou modelos foram listados de forma única. Os processos de diagnóstico executam parte do que o processo de Decisão, encontrado em outras arquiteturas ou modelos, realiza. Logo o processo de Diagnóstico foi elencado dentro do processo de Decisão.

Tabela 1 - Processos Levantados

	SIMAP	Cornett	Vines	Labib	lung	Gabbar	Ribot
Alimentação do Sistema	X		X			X	
Gerenciamento	X	X	X		X	X	X
Monitoramento	X		X	X	X	X	X
Decisão	X			X	X		X
Qualidade	X				X		
Recepção de Dados	X	X	X		X	X	X
Armazenamento	X	X	X	X		X	
Estoque		X		X			

Fonte: o autor, 2013.

Amplamente falando, todos os processos listados nas arquiteturas e modelos estudados estão presentes em mais de uma arquitetura ou modelo, portanto, os requisitos necessários a um sistema CMMS, quanto aos processos que devem conter, estão listados na tabela.

Fazendo uma análise sobre as marcações da tabela, pode-se notar que os processos que obtiveram o menor número de marcações estão presentes em poucas arquiteturas ou modelos, no caso duas: Estoque e Qualidade. Isso deve-se ao fato de serem setores separados da manutenção na metodologia dos setores de grande parte das empresas. Porém, para que o fluxo de trabalho da manutenção ocorra de forma que obtenha o melhor rendimento e eficácia, é necessário que se faça uso desses setores, pois utilizam serviços, dados e informações deles para planejar, realizar e avaliar suas atividades.

Os outros processos foram assinalados em mais de três arquiteturas ou modelos, ou seja, mesmo que sejam sistemas dedicados à determinadas áreas, tipos de manutenção ou mesmo abrangentes, os processos de Alimentação do Sistema, Gerenciamento, Monitoramento, Decisão, Recepção de Dados e Armazenamento compõem partes importantes do sistema CMMS.

4.2 CORRELAÇÃO

Como o objetivo de modelar uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção voltado a processos, é oportuno que se entenda a correlação existente entre os processos levantados anteriormente e o modelo referencial WFMC. Para tanto, foi desenvolvida uma tabela, Tabela 2, onde os processos levantados como requisitos estão sendo relacionados com os processos que estão presentes no referencial WFMC.

Tabela 2 – Correlação WFMC e CMMS

Elementos WFMC / CMMS	Alimentação do sistema	Gerenciamento	Monitoramento	Decisão	Qualidade	Recepção de Dados	Armazenamento	Estoque
Interface 1 - Ferramenta de definição de processos		X						
Interface 2 - Aplicações Cliente	X	X			X	X	X	X
Interface 3 - Aplicações Invocadas pelo WF			X	X				
Interface 4 - Interoperabilidade entre sistemas WF		X	X				X	
Interface 5 - Administração e Monitoramento		X	X					
Motor WF		X	X	X				
Serviço de Interpretação WF	X	X	X	X			X	
WFAPI e Formatos de Intercambio	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: o autor, 2012

Para o melhor entendimento da relação entre os itens colocados na Tabela 2, é cabível uma explanação da pertinência de cada um. Lembrando que essa correlação se dá pelo padrão das Interfaces do modelo WFMC, em que ele correlaciona itens que participam das interfaces e não os que somente participem em sua totalidade.

Citados como elementos relacionados com Interface 1, tem-se o item de CMMS Gerenciamento, citado por ter a função de moldar as necessidades do sistema para atingir os objetivos intrínsecos às configurações realizadas nesses dois itens.

O processo correlacionado com a Interface 1 é o Gerenciamento. Esse processo possibilita que o usuário do sistema possa configurar, para cada objeto de manutenção, estratégias de manutenção a serem empregadas em cada elemento cadastrado. Ele possibilita que o usuário defina uma estratégia para um setor ou área, além de determinada estratégia em uma máquina em específico. Fornecendo essas possibilidades, ele demanda para o sistema quais os parâmetros e decisões para cada objeto de manutenção, além de alimentar o cronograma de manutenção, que é comum a qualquer sistema. Assim, ele define o elemento do sistema a ser utilizado de forma a suprir as necessidades.

O processo de Gerenciamento está correlacionado com a Interface 1, em outras palavras por fornecer informações que vão alterar o fluxo dentro do sistema sobre determinado ativo ou sistema que tenha sido configurado de forma diferente da anterior. Por exemplo: no momento que um tipo de manutenção empregada a um ativo é alterada, o fluxo dos dados e informações do ativo podem alterar seu caminho e alterar o processo a qual vai participar. Sendo o ativo configurado para que só seja realizada a manutenção corretiva, ele deixa de ser monitorado pelas ferramentas capazes de detectar anomalias relacionadas à perda de eficiência, produção ou mesmo deixa de participar de um cronograma manutenção já determinadas em um calendário inserido no sistema. Logo, se configura o sistema para que determinados processos não sejam realizados nele, alterando o fluxo de dados e informações sobre os processos do sistema a ser proposto.

Com a Interface 2 contemplando o sistema de fluxo de trabalho, tem-se apenas dois itens do CMMS que não são relacionados com a interface. Os itens relacionados a ela são: Alimentação do Sistema, Gerenciamento, Qualidade, Estoque, Armazenamento e Recepção de Dados.

Todos os itens correlacionados são aplicação clientes ao motor do sistema de fluxo de trabalho, por isso foram marcados dessa forma. Eles são aplicações que externalizam o funcionamento do sistema, fornecendo dados, apontando diretrizes e exteriorizando resultados do sistema. Essa interface não contempla os itens faltantes do CMMS por eles serem lógicas internas. Como essa interface tem por intuito dotar os clientes do *workflow* de comunicabilidade e portabilidade de forma a trocar dados com os motores. Assim, esses processos foram relacionados com essa interface por serem munidos dessa característica.

Contemplando os itens de Monitoramento e Decisão, a correlação com a Interface 3 aponta as aplicações Invocadas pelo WFMS. Esses itens são invocados por serem necessárias para o funcionamento da lógica de manutenção do sistema. Não deixando de ser necessários a outros itens, mas esses são solicitados por o sistema já possuir dados para alimentá-los e aguardar retorno para a tomada de decisão que também é realizada por eles.

O item Monitoramento analisa todos os sinais recebidos dos equipamentos e máquinas e comparando os dados gerados pelo CMMS instantaneamente a fim de detectar uma falha.

A correlação com o processo Decisão se dá devido ao processo ser invocado quando uma falha é detectada pelo sistema. O processo busca reconhecer a falha que aconteceu e busca uma possível solução para a falha diagnosticada, para alimentar o usuário de informações que possam auxiliar na solução; caso nenhum prognóstico seja encontrado, ele pode ser alimentado quando uma solução for encontrada. Os processos são requeridos em forma de cadeia, pois o monitoramento é realizado em tempo contínuo e assim que uma falha é descoberta o processo Decisão é executado.

Gerenciamento, Armazenamento e Monitoramento são os processos correlacionados com a Interface 4 que é a Interoperabilidade entre sistemas de fluxo de trabalho. Eles estão aqui citados por trabalharem em conjunto, dividindo informações, forçando escritas e os alterando de forma direta.

Ao alterar qualquer dado ou informação relacionados à manutenção a ser empregada em qualquer ativo, os dados do monitoramento, bem como a forma de gerenciamento da máquina, são alterados. Da mesma forma, quando um gerenciamento de determinado equipamento é alterado visando mudar o modo de monitoramento, tem-se uma relação orgânica trabalhando para a mesma alteração

em outro item. O fato anteriormente citado não se apresenta nos outros itens, pois eles estão trabalhando com dados que estão em base de dados, não de forma direta como os anteriores, como métodos de entrada ou saída de informações e dados do CMMS.

Correlacionado com a Interface 5, há os processos de Gerenciamento e Monitoramento que administra e monitora todos os itens e funcionamento do CMMS. Os outros itens do sistema são clientes, aplicações invocadas ou externas ao sistema. Há, portanto, nessa interface, o gerenciamento dos ativos, além do controle de monitoramento de cada equipamento levando em conta, os dados armazenados em banco e as informações recebidas. Como o núcleo do modelo WFMC tem o motor do sistema CMMS, que são os itens Gerenciamento, Monitoramento e Decisão, eles são responsáveis pelas tomadas de decisões dentro do sistema, bem como a invocação de aplicação clientes e externas, como os itens do CMMS correlacionados. No motor do sistema de fluxo de trabalho geralmente estão presentes os seguintes serviços:

- Interpretação da definição de processos.
- Controle das instâncias de processos.
- Navegação entre as atividades dos processos.
- Autenticação de usuários do sistema.
- Identificação de itens de trabalho que requerem a atenção de usuários

e a interface para suportar interações.

- Manutenção dos dados relevantes e de controle de fluxo de trabalho.
- Uma interface para a invocação de aplicações externas.

4.3 ARQUITETURA PROPOSTA

A arquitetura proposta por esse trabalho está exposta na Figura 18. Construída com base nos processos levantados como requisitos; a arquitetura é dividida em processos facilitando seu entendimento.

Para entender como os requisitos estão colocados e alocados na arquitetura, é necessário saber como alguns foram mesclados e modelados na arquitetura.

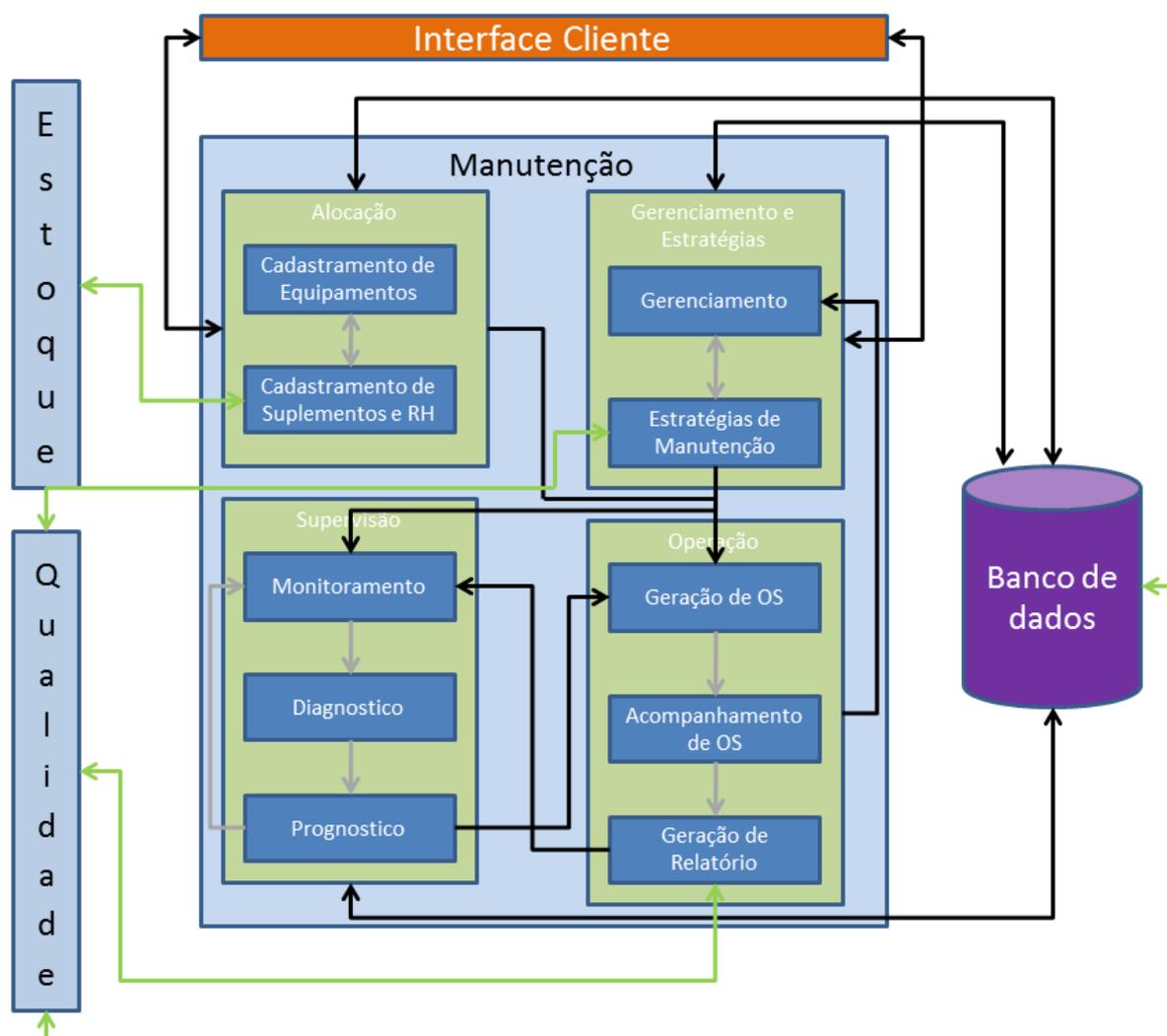
O bloco Alocação compreende o processo de Alimentação do Sistema, onde os dados necessários para o setor de manutenção e informações utilizadas no gerenciamento estão inseridos.

Outro bloco que compreende um processo é o Gerenciamento e Estratégias que compõe o processo de Gerenciamento.

O bloco Supervisão é a união de dois processos: Monitoramento e Decisão. A união dos dois processos em um único processo se fez pelo fato de estarem relacionados às mesmas informações, apenas em camadas diferentes. Também por estarem diretamente ligadas à supervisão do ativo e tomada de decisões baseadas nas informações recebidas do processo e diretrizes gerenciais.

O bloco Operações é um processo que não aparece de forma explícita no levantamento de requisitos realizado anteriormente. Como

Figura 18 – Arquitetura Proposta



Fonte: o autor, 2011

A arquitetura apresentada anteriormente é formada pelo núcleo Manutenção, Banco de Dados, Interface com o Usuário, Qualidade e Estoque. Os blocos de Qualidade e Estoque são aplicações externas ao sistema de manutenção, mas que fornecem dados para alimentar tarefas e resultados. As setas verdes mostram o fluxo de dados dos blocos externos com o resto do CMMS.

O núcleo Manutenção é responsável por realizar todas as atividades e gerar todas as ordens de um sistema CMMS. Por fim, há a Interface com o Usuário, ambiente onde todas as informações necessárias ao operador são dispostas e onde todos os *inputs* do usuário ao sistema são realizados.

O Banco de Dados pode ser de qualquer formato, desde que seja temporal, pois ele deve ser capaz de garantir ao sistema a capacidade de alimentar os acompanhamentos de ordens de serviços de manutenção. Os armazenamentos dos parâmetros de manutenção aperfeiçoam as funções de identificação de falha. Nas arquiteturas estudadas se encontra diferentes tipos de relações com as bases de dados.

Todos os dados gerados e trabalhados pelo sistema são armazenados no banco de dados. Pode-se observar que os subsistemas Alocação, Supervisão e Gerenciamento e Estratégias são conectados à base de dados de forma bilateral. Isso se dá pelo fato deles escreverem e lerem no banco de dados do sistema. Ambos necessitam escrever as decisões tomadas pelo sistema em suas rotinas internas, dados e informações. Mas todos fazem leitura da base de dados para garantir que a mesma informação não esteja sendo gravada de forma cíclica ou repetida, por exemplo: a inscrição de um ativo duas vezes e com diferentes formas de manutenção. Todos os subsistemas devem fazer uma verificação da informação antes de realizar a escrita.

Apenas um subsistema não possui ligação direta com a base de dados: o subsistema Operação. Como exposto anteriormente, o subsistema Operação não possui uma ligação direta com a base de dados, mas todos os seus dados gerados são armazenados depois de tratados pelo Gerenciamento e Estratégia. Os dados gerados pela Operação são gerenciados para que sigam à base de dados com a capacidade de alimentar os dados gerenciais, munir a tomada de decisão da Supervisão e retroalimentar a Alocação.

Como as informações geradas pela Operação implicam em liberação de recursos, suplementos e RH, essas informações interessam para a Alocação. Como

o cumprimento de uma manutenção impacta diretamente no agendamento de futuras manutenções e na atualização da agenda de serviços, essas informações interessam a Gerenciamento e Estratégias. E, por fim, como os dados de solução para falhas e análise de causas são importantes para alimentar a Supervisão, essas informações a interessam. Desta forma, é entendível o que foi tratado anteriormente sobre as informações da Operação serem tratadas por outros subsistemas antes de irem para a base de dados.

Na arquitetura proposta pelo WFMC há as interfaces bem definidas em cada bloco exposto. Na arquitetura desenvolvida, as interfaces são correlacionadas entre os blocos explicitados, isso não descaracteriza o uso do referencial e sim mostra, de forma clara, que as interfaces são relacionadas aos processos a serem desenvolvidos pelos sistemas arquitetados. Em virtude disso, as características funcionais de responsabilidade das interfaces são mantidas.

Quando relacionada a Interface 1 com o Gerenciamento, tem-se a fonte para o desenvolvimento de parte do bloco "Gerenciamento e Estratégias". A definição das filosofias de manutenção e gerenciamento a serem desempenhadas, bem como o fluxo de dados e os processos a serem realizados em determinado ativo são os objetivos desse bloco.

A Interface 2 relaciona Alimentação do Sistema e Qualidade, dessa relação foram desenvolvidos os blocos "Qualidade", "Estoque" e parte do bloco "Operação". Isso se deve ao fato dos dois primeiros blocos serem clientes dos dados gerados pelo sistema. Dados e informações como ferramentas, equipamentos e consumíveis a serem requeridas pelo setor de manutenção são passados ao bloco "Estoque". O bloco "Manutenção" é um cliente do sistema "Estoque" uma vez que usa os dados e informações fornecidas pelo mesmo para constituição de OS. O bloco "Operação" passa as informações de necessidade de serviço de manutenção aos operadores da manutenção, sendo esse setor cliente do sistema.

As aplicações invocadas pelo sistema, Interface 3, são partes intrínsecas ao bloco "Supervisão". Uma vez relacionadas a esta interface, gera-se os processos Monitoramento e Decisão, que são processos componentes do bloco "Supervisão". Todos os componentes da arquitetura podem possuir seu próprio fluxo de trabalho interno.

Relacionados à Interface 4, há os processos Gerenciamento e Monitoramento. Essa relação está presente na arquitetura proposta por meio dos

blocos "Gerenciamento e Estratégias" e "Supervisão". A interoperabilidade desses sistemas com toda a arquitetura se dá pelo fato de eles serem desencadeadores de processos e operarem somente com informações oriundas e particulares destes. Essa interoperabilidade independe diretamente da participação do operador do sistema.

A Interface 5 está para as arquiteturas CMMS, assim como para os blocos "Gerenciamento e Estratégias" e "Supervisão". Esses blocos são responsáveis pela administração e monitoramento do sistema e da manutenção.

O item "Motores de WF" é relacionado na tabela aos elementos Gerenciamento, Monitoramento e Decisão. Incentivado por esta relação existe a presença dos blocos "Gerenciamento e Estratégias" e "Supervisão" na arquitetura proposta. Tais blocos são motores do fluxo de trabalho, uma vez que parte deles são responsáveis por disparar processos à serem realizados.

Todo o bloco Manutenção da arquitetura proposta é relacionado ao Serviço de Interpretação WF e WFAPI e Formatos de Intercâmbio. Isso demonstra a necessidade de sua criação, pois para atender ao proposto pelo referencial WFMC, é necessário um ambiente onde os dados fossem transformados para uma linguagem singular para a comunicação entre os blocos. Bem como uma linguagem de comunicação com os fluxos de trabalhos externos e Banco de Dados.

Formado por quatro processos, o bloco Manutenção é o maior da arquitetura CMMS proposta. Nesse bloco existem os processos responsáveis pela entrada das informações pelo operador, o cadastramento de equipamentos, máquinas e suplementos; processos de gerenciamento e estratégias de manutenção; a supervisão dos equipamentos, máquinas e sistemas cadastrados por meio do monitoramento, diagnóstico e prognóstico; e, por fim, os processos envolvendo a operação, tais como a geração de OS (Ordem de Serviço), e seus acompanhamento e relatórios. A arquitetura segue a similaridade com a divisão para sistema de gerenciamento da manutenção colocado por Crespo (2007), sendo esta divisão estratégia, tática e operação.

4.3.1 Alocação

O processo denominado de Alocação contempla a entrada de informações por parte do operador, manutentor, das informações e dados de equipamentos, máquinas, suplementos e RH. Esse processo se refere ao processo listado como requisito e chamado de Alimentação do Sistema.

Presente nesse processo está a etapa “Cadastramento de Equipamentos”, em que o usuário inscreve todos os equipamentos e máquinas que serão objeto de manutenção, ativos de manutenção, colocando para cada cadastramento suas especificações técnicas pertinentes à manutenção, tais como limites aceitáveis de deformação, ruído, folga e produção desejada. Tudo isso para quando este estiver abaixo do nível aceitável devido a sua ineficiência, seja requerida sua manutenção. Nessa etapa do sistema também são inseridos FTAs e FMEAs do ativo ou o sistema a qual pertencem.

A segunda etapa do processo Alocação é o “Cadastramento de Suplementos de RH (Recursos Humanos)”, com a finalidade de inscrição das disponibilidades da empresa quanto aos recursos de suplementos e equipe de manutenção. Essa etapa é necessária para que no momento em que uma OS é criada, esta já carregue as informações dos equipamentos de manutenção necessários para o serviço, bem como o manutentor, ou equipe de manutenção que realizará a atividade. Assim, pode-se sempre fornecer ao planejamento de manutenção dados quanto à disponibilidade de suplementos e RH.

Com uma pesquisa na base de dados, esse subsistema carrega todas as informações imputadas sobre todos os equipamentos, máquinas e sistemas cadastrados. Por isso, o usuário pode consultar a folha de dados sobre cada um dos ativos citados anteriormente. O usuário pode também alterar dados já inseridos, desde que tenha permissão para fazê-lo. As alterações podem ocorrer por vários motivos, tais como: alteração em alguma característica da máquina; troca de parte do ativo; atualização de informações, por encontrar incompatibilidade entre o que foi cadastrado e o que realmente se apresenta no ativo; entre outros motivos.

4.3.2 Gerenciamento e Estratégias

O processo “Gerenciamento e Estratégias” compõe o bloco “Manutenção” com a finalidade de gerenciar a manutenção como um fluxo de trabalho; determinar as estratégias e filosofias de manutenção a serem empregadas para cada equipamento, máquina ou sistema; e montar o cronograma de ação da manutenção. Esse processo, como o próprio nome sugere se refere ao semelhante requisito.

Esse processo é determinística para a coordenação das ações de manutenção. Por meio de uma interface com o usuário, o sistema tem a entrada de informações sobre manutenções a serem agendadas, bem como a determinação das estratégias ou filosofias a serem empregadas em cada objeto de manutenção.

Constituído de duas etapas, “Gerenciamento” e “Estratégias de Manutenção”, o processo é denotado como gerador de parâmetros para o outro motor do sistema que monitora os sinais recebidos dos objetos de manutenção e toma as decisões cabíveis e programas para todos os *status* apresentados.

A etapa de gerenciamento fornece ao operador uma plataforma para a entrada de informações com relação ao cronograma já criado e também uma entrada para que ele seja alterado.

A segunda etapa desse processo é a “Estratégia de Manutenção”, ambiente onde o operador determina quais as estratégias ou tipos de manutenção que serão aplicadas a cada objeto de manutenção. As estratégias ou tipos são escolhidos de acordo com os critérios do operador. Elas são empregadas a partir da necessidade e estratégias aplicadas ao equipamento ou sistema. A possibilidade de escolha está atrelada ao conceito de cada tipo ou estratégia, Wireman (2003) descreve cada uma dessas possibilidades, colocando-as como boas práticas de manutenção. O operador tem a oportunidade de montar o cronograma de manutenção voltado à inserção das estratégias alocadas para objeto de manutenção. Assim, o plano de operação para cada sistema é estabelecido e sua integridade verificada pelas outras entradas realizadas pelo operador sobre o objeto de manutenção.

4.3.3 Supervisão

O processo “Supervisão” é um dos motores do sistema, responsável pelo monitoramento de todos os sinais vindos de objetos de manutenção, sendo assim, responsável pelas análises e tomada de decisões oportunas. Esse processo se refere à união de dois processos que são levantados como requisitos. Esses processos são Monitoramento e Decisão. Conforme o processo Supervisão for sendo delineado e explicado, notar-se-á que esses processos requisitos o compõem. Eles foram unidos em um único processo por utilizarem os mesmos dados e as saídas do Monitoramento serem dedicadas ao Diagnóstico. Junto do Diagnóstico, o Prognóstico compõe o processo requisito Decisão.

Executado internamente e continuamente, a “Supervisão” é o processo de tomada de decisões do bloco Manutenção. Constituído de três etapas, Monitoramento, Diagnóstico e Prognóstico; esse processo capta as informações da base de dados do sistema, dados relacionados às estratégias de manutenção, bem como dados em tempo real da planta. Feito isso, esses dados são capazes de identificar uma falha. Além disso, dá também ao operador a oportunidade de entrar com uma ocorrência de falha caso o sistema não a tenha reconhecido.

“A manutenção deve ser decidida com um sistema eficiente e com uma análise completa sobre o objeto de manutenção para que se obtenha um diagnóstico e prognósticos eficientes”, Byington *et al* (2004).

A primeira etapa da Supervisão é o Monitoramento. Essa etapa é responsável por comunicar o CMMS com os sinais e dados dos objetos de manutenção ao longo de toda a planta. Também tem o objetivo de comunicar-se com a base de dados a fim de levantar informações necessárias sobre as estratégias e características dos objetos de manutenção. Por fim, esta etapa sincroniza os dados que devem alimentar a base de dados e também fornecer o *status* dos objetos de manutenção utilizando dados coletados recentemente.

O Diagnóstico é a segunda etapa do processo de Supervisão. Essa etapa é a mais ativa de todo o sistema, pois ela é responsável pela detecção de falhas. Os dados recolhidos pela etapa anterior são comparados e analisados, a fim de que falhas sejam detectadas. As falhas que já foram cadastradas no sistema ou já ocorreram anteriormente, são armazenadas em base de dados no formato de um

FTA (*Fault Tree Analysis*). Como os parâmetros de operação de diversos índices e dados já foram estipulados e inseridos no sistema pelo processo de Gerenciamento, pode-se entender o núcleo de funcionamento da etapa de Diagnóstico. Esse núcleo é baseado nas: comparação dos dados coletados com os modelos de FTA já existentes, a fim de caracterizar a existência de uma falha, quando os dados comparados se enquadram é um FTA cadastrado; comparação dos dados coletados com os parâmetros aceitáveis de operação, pois quando um dado está fora dos parâmetros aceitáveis, uma falha é diagnosticada pelo sistema; na comparação das datas de manutenções, agendadas com a data atual do sistema para que transmita ao sistema a necessidade de realização da atividade agendada.

A última etapa desse processo é o Prognóstico que determina para o sistema uma ou mais possíveis soluções para a falha que acaba de ser detectada. Utilizando o FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) baseado no modelo de diagnóstico, o sistema detecta uma falha, busca na base de dados sua referência e suas possíveis soluções, bem como descrições técnicas, procedimentos e métodos de manutenção atrelados à solução da falha. Armazena-se todas essas informações em base de dados, para serem utilizadas no próximo processo. “Modelos de prognósticos são técnicas que compreendem modelos complexos de interação de dados para sistemas de detecção de falhas” Vachtsevanos *et al* (2006).

4.3.4 Operação

O processo “Operação” é a resposta do sistema a uma anomalia detectada e caracterizada como falha em um ativo de manutenção. Nesse processo o usuário tem a saída de informações de manutenção por parte do sistema em forma de OS (Ordem de Serviço), bem como registros do acompanhamento e fechamento de OS. Formado por três etapas, “Geração de OS”, “Acompanhamento de OS” e “Geração de Relatório” esse processo é o resultado de todos os conhecimentos embarcados no sistema. Calabria (2000) enfatiza o processo de reparação de falhas como sendo o núcleo de ações relacionadas à manutenção.

Como o objetivo desse trabalho é a proposição de uma arquitetura de um sistema de gerenciamento da manutenção baseado em processos, é conveniente que o processo que é responsável por gerar a saída do sistema CMMS seja inserido

nessa arquitetura. Com o intuito de gerar a manutenção, os CMMS necessitam transmitir aos usuários as necessidades do setor de manutenção. Esses fatos se dão por meio de Ordens de Serviços. Esses documentos são pedidos gerados pelo sistema para que manutenções sejam realizadas no ativo ou sistema informado no documento. Logo, entende-se a OS como a saída de todo o conhecimento embarcado no sistema em formato de pedido de ações para que a manutenção seja gerida em conformidade com o configurado no CMMS. Portanto, esse processo é uma extensão do processo de gerenciamento e também um processo que é intrínseco à ideia de CMMS. Esse processo não é abordado nas arquiteturas e modelos estudados, pois fica a critério da aplicação do CMMS sua inclusão. Como o sistema procura propor uma arquitetura completa, uma vez que foi feito um levantamento de outras arquiteturas, e procura-se otimizá-la utilizando os conhecimentos de processos de negócio, esse processo vem acrescentar a aplicabilidade desse sistema.

Para gerar um OS o reconhecimento de uma falha é necessário, depois de reconhecido todos os dados do momento da falha, elas são armazenadas em base de dados e os dados pertinentes são colocados na OS. Outras informações, como a existência de um FMEA é preenchido na OS, caso exista. Também são carregados os dados de RH alocado para a atividade de manutenção e o operador da entrada com as pré-necessidades de suplementos para a manutenção. Desse modo, essa etapa coleta todos os dados da falha e do ativo de manutenção armazenados ao longo da supervisão, além dos dados de entrada de característica técnica, folha de dados e informações, e, da mesma forma, os dados de estratégias adotadas para o ativo de manutenção.

A etapa de Acompanhamento da OS tem como objetivo as necessidades de gerenciamento. Nessa etapa o operador dá entrada nas informações do andamento do processo de manutenção. Assim, ficam no CMMS as informações sobre a execução do serviço de manutenção. Desse modo, o sistema é capaz de acompanhar a execução dos serviços que fornecem dados e informações gerenciais ao operador do sistema.

A última etapa do sistema é a Geração de Relatório, é o momento em que o usuário entra com informações de fechamento de OS e a conclui. Após a geração da OS e seu acompanhamento, o usuário a encerra com a geração do relatório da manutenção realizada. Esse relatório serve para o gerenciamento de suplementos e

RH, tendo em vista o término do uso de ferramentas, equipamentos e efetivo. Também tem como finalidade alimentar o FMEA com os procedimentos e soluções encontradas, pois caso haja uma nova ocorrência dessa falha, sua possível solução seja incorporada a OS, tornando melhor a qualidade do serviço e reduzindo o tempo envolvido para a solução. O FTA, ou *status* do sistema também ficam na OS e são relacionados às soluções encontradas.

Externo ao bloco “Manutenção”, há outros dois que compõe o CMMS proposto. Eles são importantes, pois fornecem ou geram informações necessárias para o gerenciamento da manutenção, mas que estão fora do escopo de manutenção. Esses blocos são tratados a seguir.

4.3.5 Estoque

O bloco Estoque é um fluxo de trabalho externo ao processo de manutenção, mas que compõe o sistema. Desse bloco são demandadas as informações de disponibilidade de peças para a realização da manutenção, bem como o processo de reversa das peças e consumíveis para a realização de manutenções já agendadas. Esse processo foi listado nos requisitos devido a presença de processo que se relacionem com esse setor. É necessário salientar que a manutenção tem uma estreita relação com o setor de estoque, uma vez que a manutenção de ativos quase sempre depende de substituição de peças, troca de reparos e consumíveis.

Quando uma OS é aberta e possui um FMEA cadastrado, isto é, uma possível solução já cadastrada, o sistema de manutenção faz uma consulta na base de dados do bloco Estoque para que sejam listados na OS as peças necessárias para a manutenção, assim, a peça já é reservada e o estoque pode programar-se para a aquisição de mais sobressalentes, caso seja necessário.

Essa interação se dá pelo fato de que uma manutenção agendada pode não ser realizada caso as peças sobressalentes não estejam disponíveis no setor de manutenção para utilização, justificado por falta em estoque dessas peças. Assim, o sistema é capaz de alertar ao operador a não disponibilidade de realização, fazendo com que ela seja reagendada, se possível, ou, até mesmo, envia-se ao setor de produção a informação de inoperabilidade do ativo por motivos externos a manutenção. Isso é necessário para que os índices de qualidade do setor de

manutenção não sejam afetados, uma vez que a responsabilidade da não realização da manutenção é do setor de estoque.

Uma peculiaridade desse bloco é que ele somente será ligado ao bloco manutenção por meio de troca de dados com o processo Alocação. Como esse processo é responsável por inserir no sistema e base dados informações sobre os ativos, também é por ele que a disponibilidade de peças do estoque é inserida. Por isso, a disponibilidade de determinada peça em estoque é inserido no CMMS como sendo característica do ativo.

4.3.6 Qualidade

O último processo a ser explorado é o Qualidade, ele tem como objetivo se comunicar com o bloco manutenção a fim de aferir a qualidade dos serviços de manutenção realizados e fornecer índices de qualidade globais do setor de manutenção. Esse processo esteve presente em duas arquiteturas ou modelos levantados como requisitos. Como a manutenção é o setor responsável por devolver a um ativo a sua plena capacidade de operação, a qualidade do serviço desempenhado por aquele deve ser a melhor possível. Uma manutenção mal executada pode ocasionar a nova quebra, desgaste irregular ou inoperabilidade do ativo. Indo contra ao que a manutenção se propõe, garantir a qualidade da manutenção prestada é essencial. Possuir índices de qualidade permite ao gestor da manutenção a tomada de ações relacionadas à melhoria das atividades executadas pelo setor, melhorando a eficiência do setor e o tempo de produção dos ativos.

A qualidade analisa os dados de geração de uma OS e os dados de término. Os índices de qualidades têm a finalidade de descobrir as melhores metodologias de serviço, como também aferir a repetição periódica de uma OS e indicar, em termos de índices, que a falha não é concentrada e sim um problema sistemático.

Esse bloco se faz necessário, pois o erro humano em ações críticas como a manutenção pode acarretar danos muito maiores do que a própria necessidade de manutenção. Su (2000) propõe uma base de conhecimento e monitoramento de todas as atividades relacionadas a atividades humanas ligadas à manutenção. Assim, há índices que apontem melhorias necessárias baseados em fatos já ocorridos e armazenados em base histórica.

A medição da qualidade dos serviços de manutenção tem impacto direto no plano de produção, uma vez que eles apontam o tempo necessário para a realização das manutenções e passa ao setor de produção a necessidade de inserir esses dados no plano de produção. Tem-se como finalidade o cumprimento desse plano, levando em consideração os possíveis atrasados calculados, tomando seus índices de qualidade como base.

4.3.7 Manutenção

Chamado de bloco Manutenção, esse processo é responsável pela: recepção de dados dos ativos; disponibilização desses dados para os processos que necessitem e responsável pelo envio à base de dados. Com a mesma descrição do requisito: Recepção de Dados; esse processo também padroniza o formato de dados dos ativos.

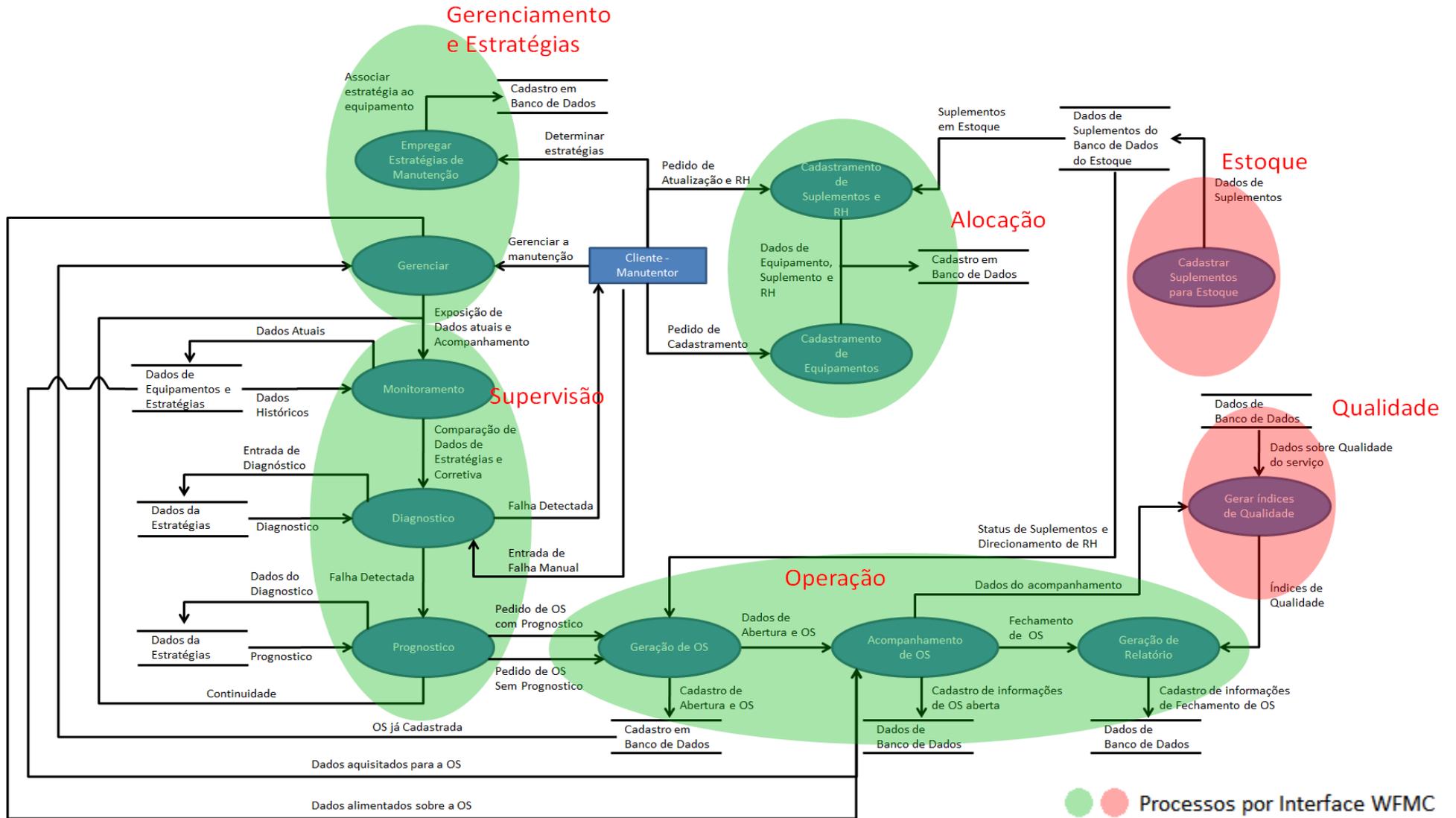
Com a mesma função e distribuição do WAPI (*Workflow API and Interchange formats*) do referencial WFMC, esse processo é responsável por receber todas as informações e dados dos ativos e distribuir aos processos que as necessitem. Os dados e informações recebidos são tratados e disponibilizados aos outros processos do sistema de forma singular, isto é, em um único formato ou protocolo.

Apesar de esse processo ser composto por apenas uma atividade, é preciso entender que dependendo da complexidade e quantidade de ativos de manutenção que são conectados ao CMMS, podem ser necessários vários *softwares* de interpretação e conversão de protocolos, sendo esse um processo muito intenso e de grande complexidade.

4.4 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS

Para entender de forma mais clara os dados que são trocados e operados no interior da arquitetura proposta e compreender de forma completa o funcionamento do sistema, a Figura 19, um diagrama de fluxo de dados, está disponibilizada adiante. Incluindo todas as etapas, o DFD (Diagrama de Fluxo de Dados) ilustra também os processos e fluxo de dados de cada processo, sombreando cada conjunto de etapas com o processo a qual pertence.

Figura 19 – DFD da Arquitetura Proposta



Fonte: o autor, 2011

Esse DFD está representado no trabalho buscando explicitar o fluxo de informações da arquitetura. Com a estrutura da arquitetura já explorada, como o DFD exposto e a modelagem dos processos que a compõe, o entendimento sobre a arquitetura se torna mais claro, sendo abordado sobre três aspectos diferentes. A etapa de modelagem por processos é a próxima etapa.

Elaborada contendo todos os elementos listados nos CMMS levantados, a arquitetura proposta é baseada no referencial WFMC de forma dinâmica, ou seja, incorpora as funções requisitos e o referencial de forma dinâmica entre os processos. As interfaces do modelo referencial estão presentes na arquitetura de forma processual, ou seja, representadas por processos inerentes a arquitetura.

Os processos envolvidos em cada interface estão representados pelos sombreados elípticos com os nomes dos blocos executantes dos processos. A troca de informações entre todos os elementos da arquitetura é o serviço de interpretação e intercâmbio presente no referencial do WFMC. No DFD, nota-se que o gatilho de ações, ou motores do fluxo de trabalho, estão contidos nos blocos "Gerenciamento e Estratégias" e "Supervisão". Eles disparam necessidade de realização de processos. Para a WFMC; o motor é "parte fundamental do fluxo de trabalho, podendo ser considerado o núcleo do sistema de interpretação; a *engine* de fluxo de trabalho é "um serviço de *software* que provê o ambiente de execução para uma instância de fluxo de trabalho" (WFMC, 1995).

Os fluxos de trabalhos externos ao bloco Manutenção apenas trocam informações com o restante da arquitetura, mas não influenciam de forma direta na manutenção.

Utilizando descrições do próprio WFMC que define parte de seu modelo referencial, é possível realizar uma análise direta sobre o que é proposto pela entidade para o modelo e os elementos da arquitetura proposta.

Para o WFMC, o Serviço de Interpretação WF e WFAPI e Formatos de Intercambio são "um serviço de *software* que pode consistir de uma ou mais motores *workflow* para criar, gerenciar e executar instâncias de *workflow*" (WFMC, 1995) e "o conjunto de construções pelas quais os serviços do sistema de *workflow* podem ser acessados, e que regulam as interações entre o *software* de controle de *workflow* e os outros componentes do sistema" (WFMC, 1995). No sistema, o bloco Manutenção tem essas atribuições e tarefas e no DFD as linhas de fluxo de dados as representam.

Conforme o WFMC coloca cada interface, a arquitetura proposta se enquadra a eles das seguintes formas:

- Interface 1 - "Um formato de troca de dados e chamadas a funções da API (WAPI), que podem suportar a troca de informações das definições de processos em uma variedade de meios eletrônicos ou físicos" (WFMC, 1995, p.28). Blocos: "Gerenciamento e Estratégias" e "Alocação"

- Interface 2 - "A interação entre as aplicações clientes do sistema de fluxo de trabalho e seu núcleo, a motores de fluxo de trabalho, ocorre por meio de uma interface bem definida, que abarca o conceito de *worklist*" (WFMC, 1995). Blocos: "Qualidade", "Estoque" e "Operação".

- Interface 3 - "As implementações de um sistema de fluxo de trabalho não terão a lógica necessária para convocar todas as potenciais aplicações externas em um ambiente heterogêneo" (WFMC, 1995). Blocos: "Supervisão".

- Interface 4 - Tem como objetivo permitir que sistema de fluxo de trabalho de diferentes "fabricantes" possa interagir, passando itens de trabalho, processos, atividades, entre outros elementos de fluxo de trabalho, entre si, e cooperar para a execução de um mesmo processo. Blocos: "Gerenciamento e Estratégias" e "Supervisão".

- Interface 5 - Define um padrão para funções de monitoramento e controle, tornando possível a avaliação e extração de métricas do sistema, bem como estabelecer um modelo comum de auditoria de dados; funções relativas à segurança, controles e autorizações dentro do sistema. Bloco: "Gerenciamento e Estratégias".

4.5 PROCESSOS

Depois de exposta a arquitetura, é proveitoso que se entenda os processos que a compõem para entender as relações existentes entre os seus componentes. Mesmo que o DFD da arquitetura já tenha sido exposto, é necessário que os processos sejam estudados, pois eles são os requisitos da arquitetura. Além do fato colocado anteriormente, estudar os processos existentes da arquitetura proposta é a forma de se visualizar e entendermos o conjunto definido de passos que são realizados para se fazer uma tarefa.

Todos os processos que compõe a arquitetura proposta serão abordados a seguir. Modelados obedecendo a nomenclatura BPMN 2.0, os processos foram desenvolvidos utilizando um *software* de modelagem de processos de negócio, o Bonita Open Solution 5.10. Esse *software* permite que processos sejam modelados, utilizando-se da nomenclatura BPMN, de acordo com as necessidades do usuário.

4.5.1 Processo de Recepção de Dados

O Bloco Manutenção compreende o Processo de Recepção de Dados, representado na Figura 29. Esse processo tem como objetivo adequar os dados dos ativos de manutenção e disponibilizá-lo para o sistema.

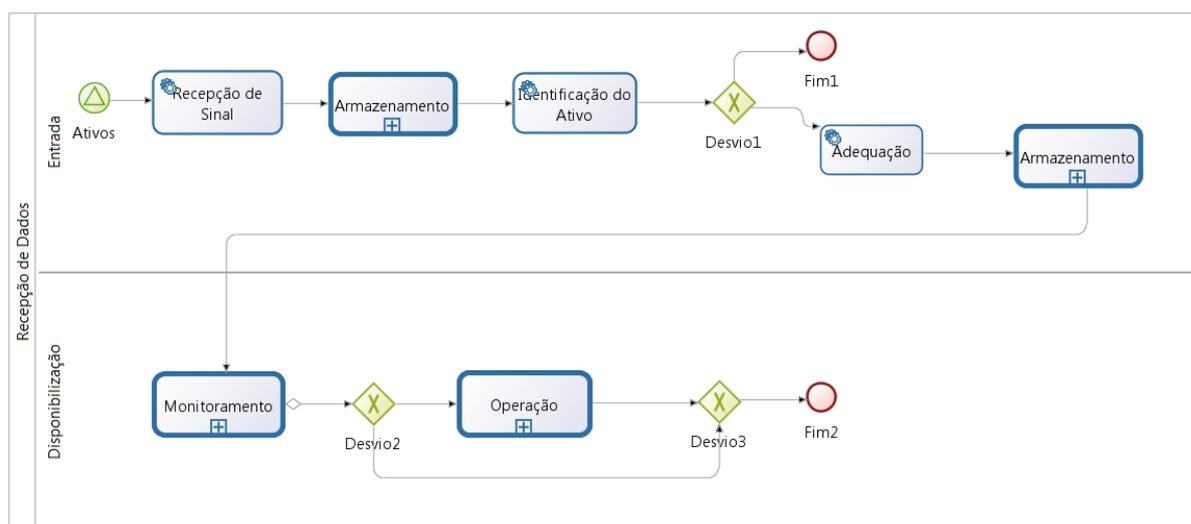
Esse é o primeiro processo a ser realizado de forma automática no sistema. A cada dado ou informação que o ativo gera, o processo é responsável por receber esse dado. Essa recepção pode acontecer via acesso do sistema aos dados de *hardwares* que são responsáveis por isso, ou os sistemas desses *hardwares*, podendo ser mais de uma a fonte de dados para o sistema CMMS.

Depois de recebidos o dado dos ativos, é feita uma pesquisa na base de dados para que o sistema reconheça à qual ativo este dado está relacionado. Essa pesquisa é realizada utilizando-se do processo de Armazenamento. Caso o dado não seja referente a nenhum ativo de manutenção cadastrado no sistema, o processo se finda. Caso o dado seja relacionado a um ativo que exista na base de dados do CMMS o processo deve adequá-lo ao restante do processo. Essa adequação consiste em padronizar todos os dados recebidos em uma única linguagem. Podem ser formados por apenas um *software* ou um conjunto, que coletam os dados e informações dos *hardwares* ou sistemas. Depositam esses dados adequados à linguagem do CMMS em base de dados e os envia ao processo de Monitoramento.

O processo de Monitoramento está presente no Recepção de Dados, pois os dados adequados são obrigatoriamente enviados para ele após armazenados. Depois de enviados os dados ou informações ao Monitoramento os dados, podem ser utilizados pelo processo de Operação em vários momentos. Só depois de utilizados pelos processos citados anteriormente que o processo termina.

O processo foi separado em duas *lanes* para organizar e categorizar os objetos do fluxo, facilitando a leitura do processo. A primeira *lane* chama Entrada realiza as atividade sequenciais até o momento em que os dados já adequados ao sistema forem armazenados em base de dados. A segunda *lane* contém as atividades de disponibilização dos dados aos outros processos de que precisam para seu funcionamento, esta *lane* chama-se Disponibilização.

Figura 20 – Processo de Recepção de Dados

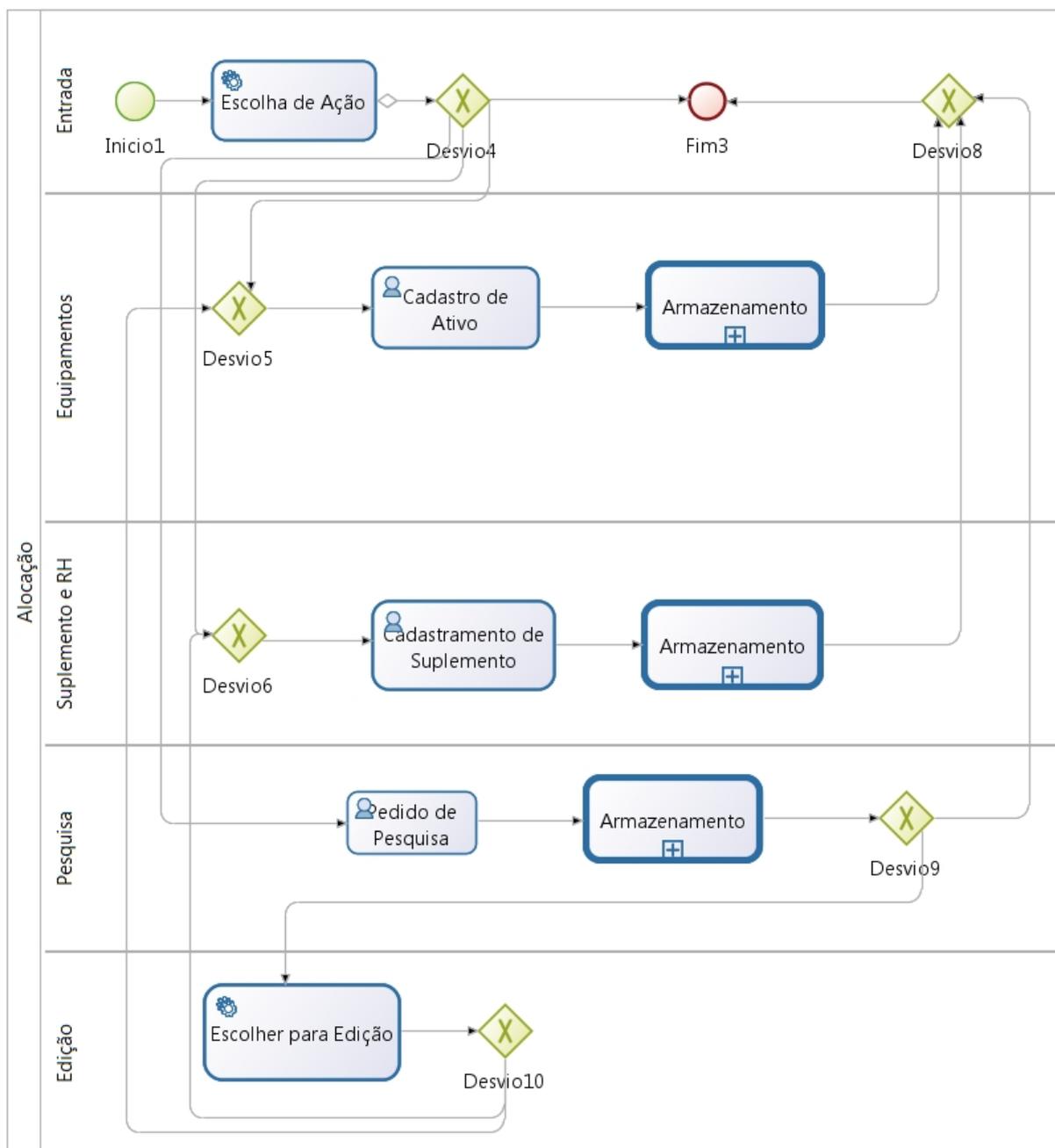


Fonte: o autor, 2013.

4.5.2 Processo de Alocação

O processo de Alocação, como já tratado anteriormente, compreende o processo de alimentação do sistema. Nele o usuário tem a capacidade de cadastrar e inserir dados sobre os ativos de manutenção e sobre suplementos para manutenção. Esse processo está modelado na Figura 21.

Figura 21 - Processo de Alocação



Fonte: o autor, 2013.

O sistema utiliza-se do processo Alocação para realizar basicamente quatro tipos de ações. Cada uma dessas ações está relacionada a uma *lane* do processo. A *lane* Entrada dá início ao processo com a escolha da ação a ser realizada pelo usuário. O processo possibilita ao usuário o cadastramento de ativos de manutenção na *lane* Equipamentos. Depois de inserido os dados do ativo no cadastramento, eles são enviados ao processo Armazenamento para que sejam arquivados na base de

dados para, futuramente, serem utilizados. O mesmo ocorre com o cadastramento de Suplemento e RH, em que o usuário insere as ferramentas e recursos humanos que o setor possui para realizar as atividades de manutenção.

O processo ainda permite ao usuário fazer uma pesquisa sobre um ativo ou suplemento. Caso o usuário queira ter acesso aos dados cadastrados do ativo ou suplemento, ele realiza um pedido de pesquisa. Esse pedido dispara uma leitura sobre os dados solicitados na base de dados, por meio do processo Armazenamento e carrega essas informações para o sistema. Caso o usuário necessite alterar algum dos dados obtidos da pesquisa, ele automaticamente é encaminhado para o *lane* correspondente, Equipamentos ou Suplementos. Com os dados pesquisados carregados o usuário faz o mesmo processo do cadastramento, com a diferença de que alguns dados já estarão preenchidos.

4.5.3 Processo de Armazenamento

O processo Armazenamento é o mais utilizado pelo sistema. Como a base dos sistemas inteligentes que utilizam padrões e dados para concretizarem seus fins é a comparação e utilização de dados históricos, esse processo acaba sendo essencial a quase todos os sistemas hoje em dia.

Dividido em quatro *lanes* que representam as ações que podem ser realizadas pelo sistema, esse processo comporta o seu início como sendo uma necessidade de *input*, *select* ou *update*. Essa escolha sobre o que deve ser realizado dentro do processo é de responsabilidade do processo que o está convocando. Uma vez que o processo Armazenamento é sempre executado pelo pedido de outro processo, este deve enviar ao outro a informação quanto à atividade que ele necessita que seja realizada. Essa etapa do processo está na *lane* Entrada, em que se encontra um *gateway* que é responsável por permitir ao processo que percorra três diferentes caminhos. Dependendo da resposta dada na atividade anterior ao *gateway*. Ainda nessa *lane* está colocado outro *gateway* que leva à conclusão das outras *lanes* para o fim do processo.

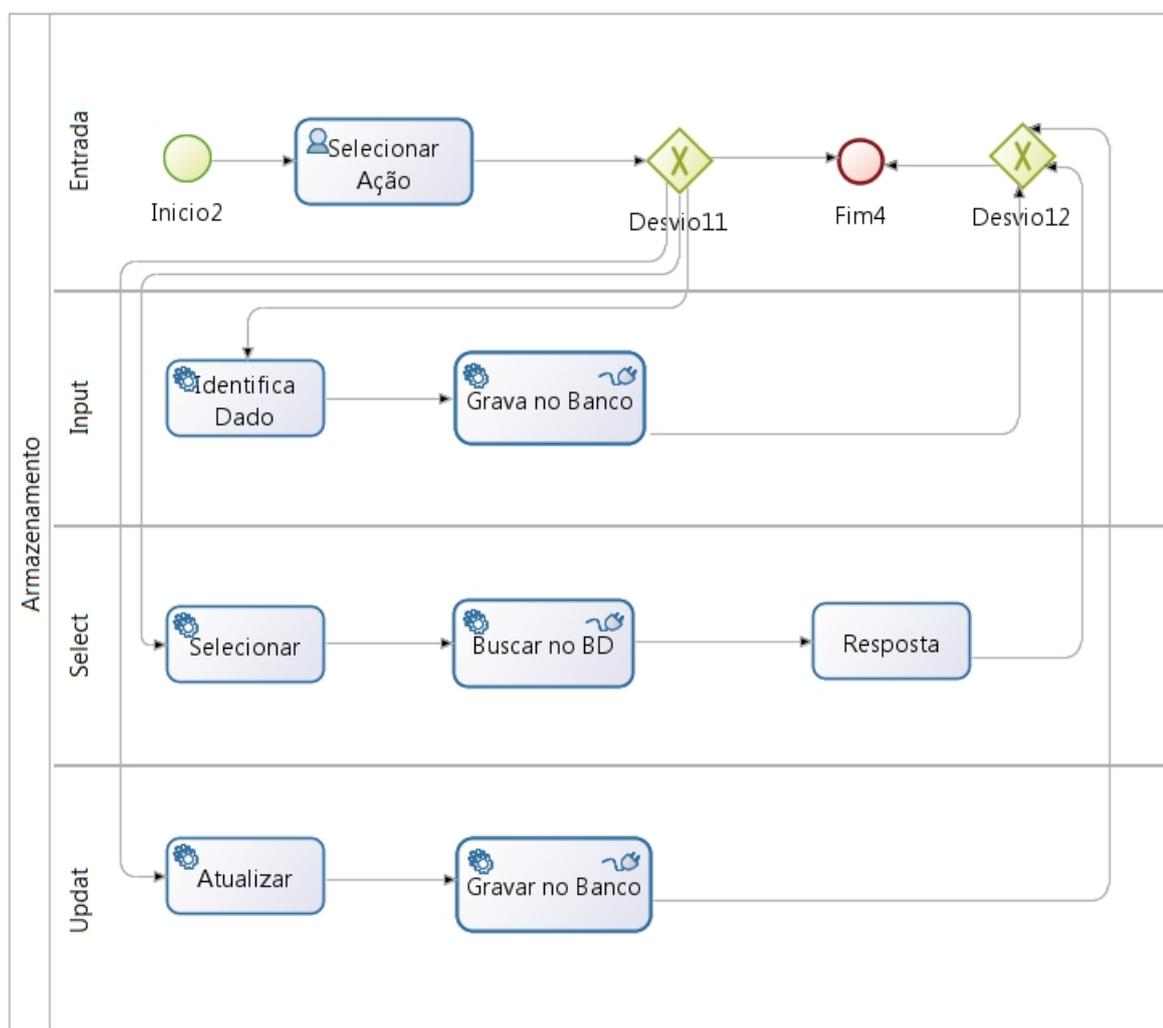
Como esse processo é utilizado para três finalidades distintas, os próximos *lanes* contém, cada um, uma dessas ações. Depois de escolhida a ação a ser realizada o *lane* correspondente é executado.

Caso a entrada de um dado é requisitado, o processo identifica o local onde deve ser feita a escrita dele na base de dados. Depois o dado é gravado, o processo envia um comando à base de dados para que se realize determinada ação. Concluído esta etapa o processo tem sua conclusão no evento fim.

Se a seleção de um dado é requisitada, o processo identifica onde está o dado requisitado na base de dados e depois o envia ao processo que o solicitou. Com esta ação o processo tem sua conclusão.

A última *lane* do processo Armazenamento está representada por duas atividades. Essas atividades são de busca do dado que deve ser alterado e a outra atividade é a troca dos dados pelos novos. Esse processo está representado na Figura 22.

Figura 22 - Processo de Armazenamento



Fonte: o autor, 2013.

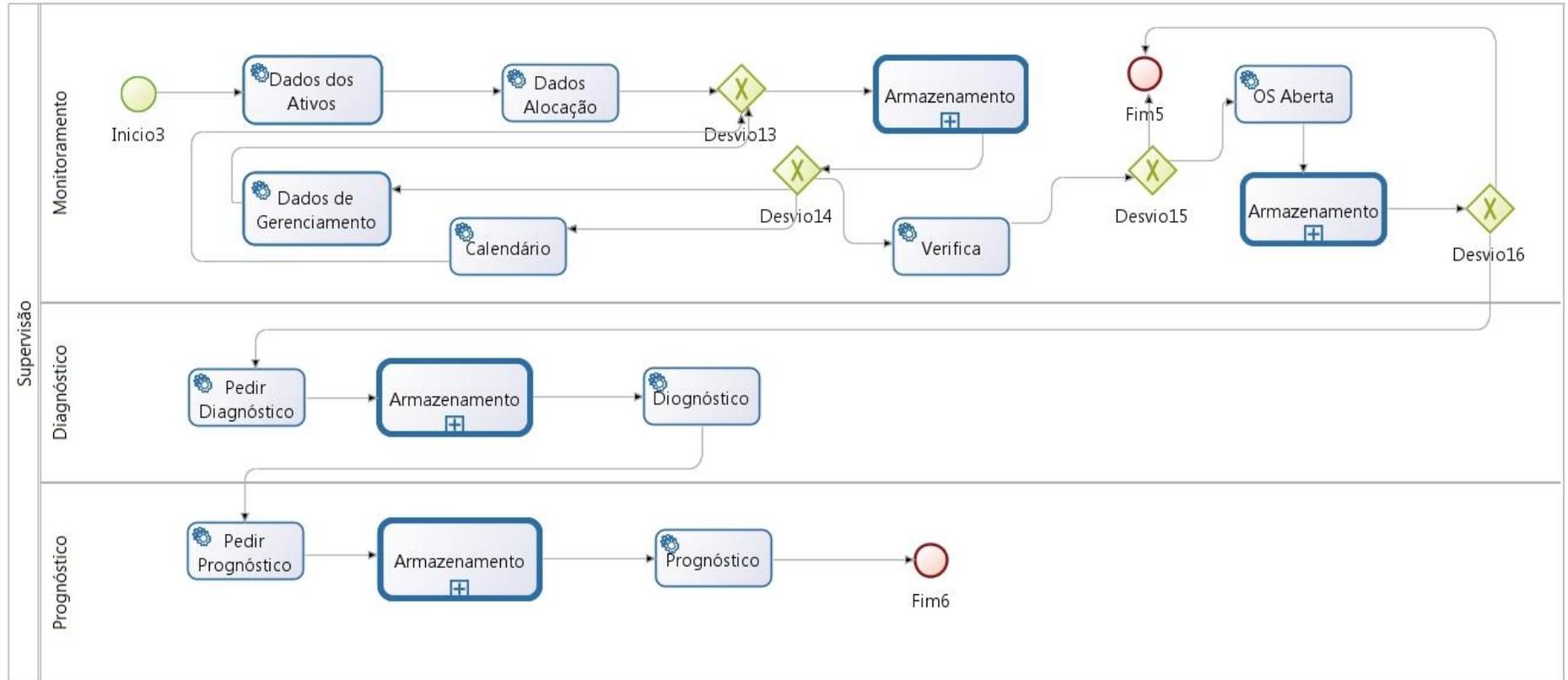
4.5.4 Processo de Supervisão

Seguindo o estudo dos processos que compõe a arquitetura proposta, há o processo de Supervisão, Figura 23. Esse processo compõe o bloco de Manutenção e é um dos motores do sistema. O processo tem início com a recepção dos dados dos ativos oriundo do processo de Recepção de Dados. Depois de recebidos os dados de um ativo, os dados inseridos no processo locação relacionados ao mesmo são solicitados. Depois que esses dados são levantados pelo processo Armazenamento, eles são comparados entre si de forma que o sistema monitore se alguns parâmetros inseridos na alocação do ativo estão sendo respeitados. Depois dessa verificação, os dados gerenciais também são levantados da mesma forma que os anteriores e os dados dos ativos são monitorados. Caso em alguma das verificações uma falha for detectada, o sistema verifica se já existe uma OS aberta para esta falha, caso exista o processo tem fim, caso contrário o *lane* Diagnóstico é executada.

O diagnóstico consiste em um processo de verificação de existência de um FMEA para a falha detectada. Quando uma falha é detectada o *status* da falha é enviado ao banco de dados para seja reconhecido um padrão dessa falha. Esse padrão é o registro de uma ocorrência similar. Quando esse reconhecimento acontece, as informações relacionadas ao diagnóstico realizado para a falha que estava na base de dados é carregada e atribuída a falha que acabou de ocorrer. O diagnóstico pode não ser único.

Caso um diagnóstico não seja encontrado em virtude de nunca ter sido registrada uma falha similar, ou o diagnostico não tenha sido preenchido, o sistema, mesmo assim, caminha para a *lane* Prognóstico. Quando uma falha é diagnosticada uma pesquisa na base de dados de prognósticos é solicitada para que um prognóstico seja sugerido. Caso não exista prognóstico cadastrado o sistema aponta resultado nulo. Uma vez que um diagnóstico não foi apontado o prognóstico também é nulo.

Figura 23 - Processo de Supervisão



Fonte: o autor, 2013.

4.5.5 Processo de Operação

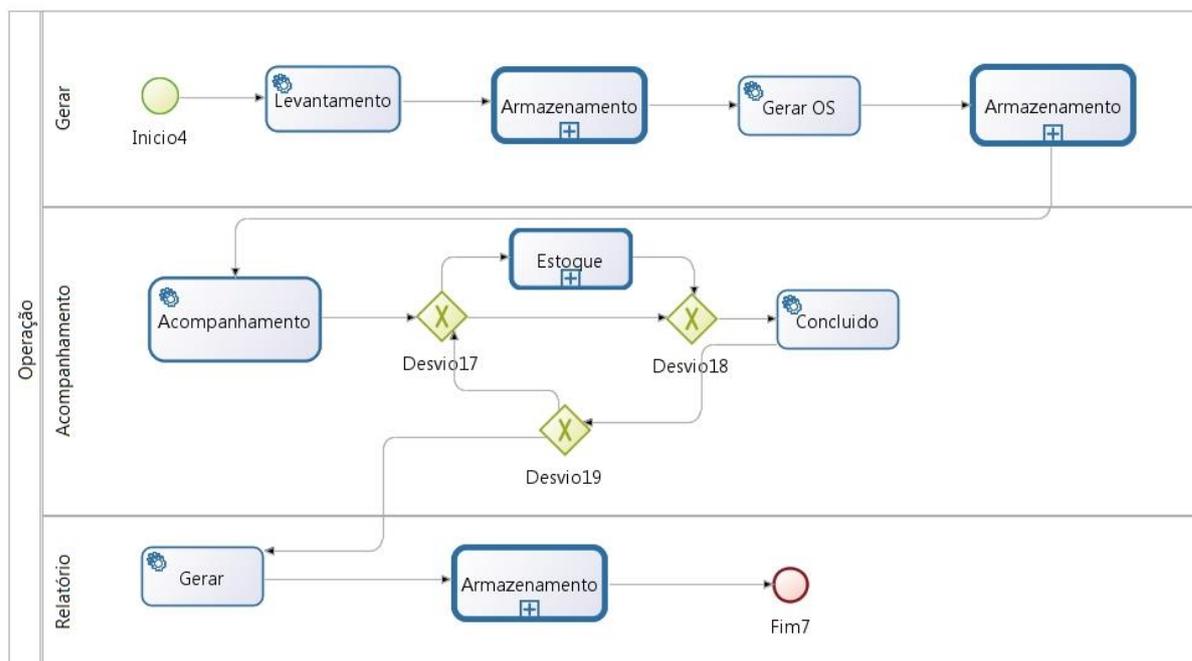
Responsável por gerar o documento que efetiva a necessidade e ordena a realização de uma manutenção, o processo Operação é responsável por gerar OS e acompanhá-las.

Depois que uma falha é detectada pelo processo de Supervisão, a informação sobre a existência de uma falha é enviada ao processo Operação, Figura 24, para que este dê início a geração de uma ordem de serviço para que seja realizada a manutenção no ativo em que a falha foi detectada.

O processo é composto por três *lanes*, Gerar, Acompanhamento e Relatório. Quando o processo tem seu início, são levantadas todas as informações geradas pelo processo de Supervisão sobre a falha detectada. Eles são armazenados na base de dados e a OS é gerada. Depois de gerada, a OS é armazenada na base de dados para que possa ser utilizada ou consultada futuramente. A primeira atividade a ser feita uma OS é realizar seu acompanhamento. O acompanhamento consiste em uma atualização por parte do operador do *status* do ativo, bem como a indicação da necessidade de peças para reposição, consumíveis e recursos humanos para realizar a manutenção. Como esta atividade pode ocorrer várias vezes e por tempo indeterminado, a *lane* Acompanhamento possui um *loop* para que esta atividade possa ser realizada até o momento em que a manutenção for concluída.

Quando uma manutenção é concluída, um relatório é elaborado e armazenado na base de dados. Esse relatório é a alimentação do diagnóstico e prognóstico. Uma vez na base de dados, as informações de descrição da falha e da solução encontrada são enviadas para a base de dados de diagnóstico e prognóstico. Esse processo não está representado aqui por se tratar de uma tarefa realizada dentro da base de dados e não na arquitetura CMMS. Com o armazenamento do relatório de OS o processo se finda.

Figura 24 - Processo de Operação



Fonte: o autor, 2013.

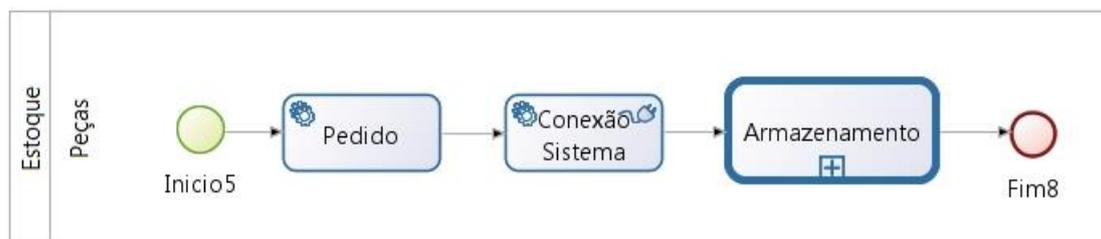
4.5.6 Processo de Estoque

A arquitetura proposta possui dois blocos em que informações são requeridas e para onde outras são enviadas. No caso desse processo, informações quanto à necessidade de peças são enviadas ao sistema de estoque, Figura 25, e a resposta do sistema quanto à disponibilidade é obtida e enviada à base de dados.

O processo tem início com o pedido de peça por parte do sistema CMMS. Esse pedido pode partir de uma abertura de OS ou mesmo durante o acompanhamento de uma OS onde peças podem ser necessárias. Outra forma de uma peça ser solicitada é quando uma manutenção é agendada e seu diagnóstico e prognóstico já são conhecidos, logo as peças necessárias também já são de conhecimento do sistema, logo a reserva das peças necessárias são realizadas. Depois do pedido feito o CMMS se conecta ao sistema do setor de estoque e faz o pedido de reserva de peça. Essa reserva pode ser imediata ou para uma manutenção que esteja em um calendário. Na atividade conexão, o CMMS envia o pedido e obtém o retorno do sistema de estoque com a confirmação da disponibilidade da peça. Com a resposta da disponibilidade de peça, o sistema

passa ao processo de Armazenamento esta informação para que seja armazenada e o processo se conclui.

Figura 25 - Processo de Estoque



Fonte: o autor, 2013.

4.5.7 Processo de Qualidade

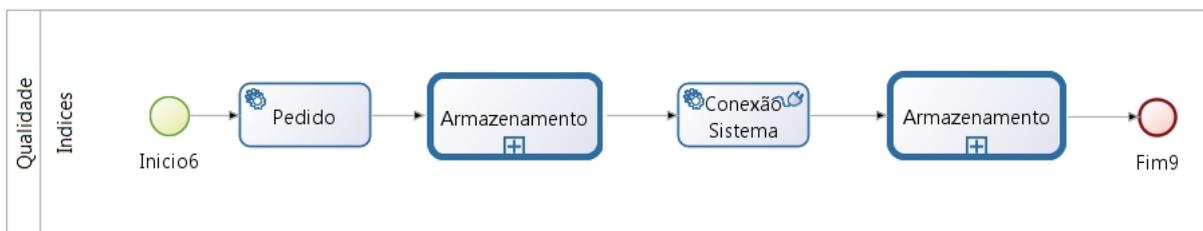
Similar ao processo anterior quanto ao término, o processo de Qualidade, Figura 26, tem como objetivo enviar ao sistema de qualidade o pedido de cálculo dos índices desejados pelo CMMS, recebê-los e, por fim, armazená-los.

O início do processo dá-se pelo pedido de dados de qualidade. Diferente do processo anterior, esse pedido é armazenado na base de dados, porque a resposta deste sistema externo pode não ser instantânea, logo é necessário um controle dos pedidos realizados, por isso eles são salvos na base de dados por meio do processo de Armazenamento.

Depois de armazenado o pedido, o sistema solicita ao sistema de qualidade os índices desejados, fazendo uma conexão externa com outro sistema.

Quando os dados são enviados ao processo Qualidade pela mesma atividade, o processo dá continuidade. Os dados são enviados ao processo Armazenamento para que sejam arquivados e possam ser utilizados por outro processo.

Figura 26 - Processo de Qualidade



Fonte: o autor, 2013.

4.5.8 Processo de Gerenciamento

O último processo abordado e presente na arquitetura é o processo Gerenciamento. Separado em três *lanes* o processo é dividido em Entrada, Gerenciamento e Falha. A Entrada compreende a parte do processo em que o usuário escolhe executá-lo, o sistema carrega todas as informações iniciais para o usuário realizar a próxima atividade. O usuário, então, escolhe o ativo que quer gerenciar e suas informações são carregadas no sistema, por meio da utilização do processo Armazenamento. Desse ponto em diante o usuário pode optar por não fazer nenhuma atividade; pode indicar uma falha não captada pelo sistema ou gerenciar os ativos.

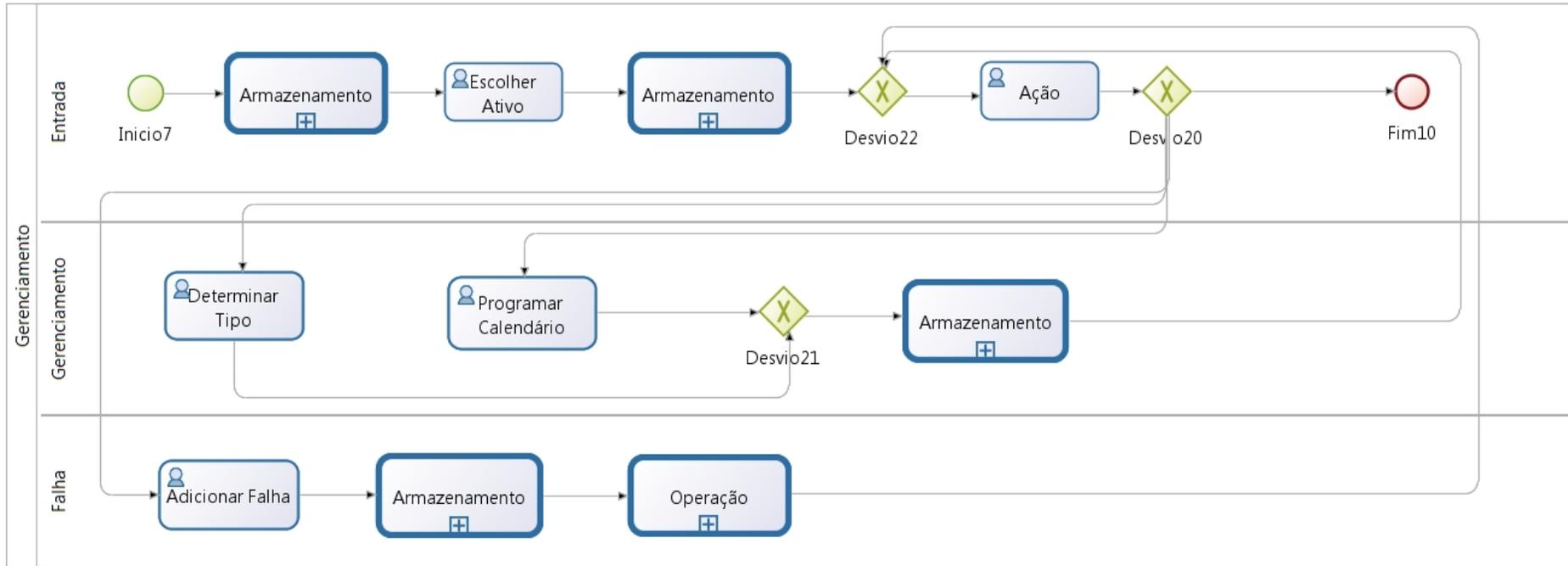
Quando o usuário opta por apenas visualizar os dados gerenciais de um ativo, o processo termina. Caso ele deseje gerenciar os ativos, o usuário tem a possibilidade de determinar, ou alterar o tipo de manutenção empregada ao ativo, configurando-a. Na mesma *lane*, dando continuidade as atividades gerenciais, o usuário pode ainda optar por agendar manutenções por meio de calendário, especificando dia e horário para determinada manutenção ocorrer. Depois de realizadas ambas as atividades, o seus resultados são arquivados em base de dados por meio da execução do processo Armazenamento. Posterior a isso, o sistema retorna a *lane* Entrada para que o usuário possa realizar outra atividade se lhe for de interesse ou necessário.

A terceira escolha do usuário quanto às ações que deseja realizar nesse processo é o apontamento de uma falha. Caso o sistema não tenha detectado uma falha o usuário do sistema pode indicar uma falha. Assim, o usuário adiciona a falha, inserindo todos os dados pertinentes a ela. Esses dados são armazenados e a falha

é enviada ao processo de Operação que é executado como sendo um subprocesso desse processo.

Quando o usuário entra com o cadastramento de uma falha, o sistema recolhe as informações inseridas e as gera ou adiciona ao FMEA relacionado a essa falha. Portanto, o sistema poderá realizar a identificação da falha cadastrada caso ela venha a ocorrer novamente. A Figura 27 representa o processo modelado em BPMN.

Figura 27 - Processo de Gerenciamento



Fonte: o autor, 2013.

5 CONCLUSÃO

O atual estágio de industrialização e modernização, em que os processos produtivos se encontram, vai de encontro com a necessidade de uma abordagem mais dinâmica dos processos envolvidos em seus sistemas de produção. Pode-se analisar isso tomando como exemplo a manutenção, pois ela tem sido considerada como parte do processo não só na etapa de produção, mas também nas etapas de projeto, desmontagem e reciclagem do produto. Isso conclui que o entendimento das etapas do ciclo de vida de um produto são processos que são desenvolvidos e executados visando atender os interesses empresariais, que consistem em menor tempo de produção não agregado e maior tempo de disponibilidade de qualquer ativo, buscando maior produção, e conseqüentemente, maior retorno financeiro.

Descrito e trabalhado nesse documento, a arquitetura proposta contempla todas as funcionalidades de um CMMS de forma a trata-los como processos. Utilizando a metodologia de fluxo de trabalho e o referencial WFMC, a arquitetura representa um sistema de gerenciamento da manutenção que trabalha para construir as informações e formas de operação processualmente. Isso implica em tratar a manutenção e seus participantes como integrantes do processo de negócio que é a manutenção.

Para tanto o trabalho abordou as interfaces do modelo referencial WFMC e correlacionou-os com os processos levantados para compor a arquitetura proposta, desta forma baseando os integrantes da arquitetura no modelo e admitindo os ambientes de troca de dados e motores, assim como processos externos que participam do sistema modelado.

Em busca de um sistema que contemple todas as funções de um CMMS, a arquitetura proposta foi elaborada após pesquisas que relacionaram as arquiteturas de sistemas CMMS proposta pela comunidade científica, com o referencial proposto pelo WFMC. Intermediado pelas figuras expostas no documento, o entendimento do funcionamento interno e estrutural da arquitetura se tornou mais fácil. A modelagem do processo usando linguagem de modelagem de processos de negócio se mostrou completa as trocas de dados, bem como o fluxo entre as etapas e subprocessos. Desse modo, a composição por processos faz com que o sistema atue de forma modular e flexível, atendendo as necessidades do sistema e do operador.

Como o levantamento de requisitos realizado foi o UP, tem-se uma arquitetura baseada nos requisitos levantados pela metodologia, e que, na verdade, são processos que foram identificados pelas arquiteturas estudadas, e que compõem os seus resultados. Desta forma obtêm-se processos levantados de forma atender funcionalidades processuais isoladas, pois os processos utilizam-se de dados e informações disponíveis no sistema para realizarem seus objetivos. Estes objetivos levando em consideração as determinações das configurações inseridas pelo usuário e não ações que o mesmo deve realizar para então o sistema processar dados e retornar informações. Os processos levantados tem por objetivo o armazenamento de dados; recepção de dados dos ativos; monitoramento dos ativos; decisão sobre falha; alimentação do sistema pelo operador; gerenciamento da manutenção; qualidade e estoque que são sistemas externos, mas que participam do processo de manutenção.

Cada processo levantado foi modelado utilizando linguagem BPMN para apresentar seu conteúdo de forma singular e plana, fornecendo ao leitor a capacidade de visualizar cada etapa do processo e suas funcionalidades. Depois de cada processo modelado, toda a arquitetura foi construída interligando todos os processos e trazendo para uma linguagem padronizada o que é representado no desenho da arquitetura apresentada na Figura 18.

A arquitetura proposta contempla esses processos levantados e leva por base o referencial WFMC. Desta forma foi obtida uma arquitetura de um sistema de gerenciamento baseado em processos. Modular, a arquitetura proposta pode funcionar de forma distribuída, com cada módulo presente em um servidor, ou em estações de trabalho distintas, desde que exista uma comunicação entre estes lugares para que a troca de informações entre as partes seja possível.

Indo mais além do que apenas entender que os processos levantados são pertencentes a um sistema, eles são processos que compõe o macro processo que é a manutenção.

Como sugestão para continuidade ao trabalho desenvolvido, um estudo em conjunto com operadores desses tipos de sistema poderia validar e/ou sugerir alterações na arquitetura proposta, a fim de torná-la mais eficiente ou melhorar a forma de interação com o operador, visando melhores resultados.

REFERÊNCIAS

AALST, V. D., HEE K. V. ***Workflow Management: Models, Methods, and Systems***. The MIT Press, Cambridge, 2002.

AALST, V. D., WILL, M. P. ***Business Process Management Demystified: A Tutorial on Models, Systems and Standards for Workflow Management***. Springer Lecture Notes in Computer Science, Vol 3098, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462, 1994**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 9001/2000**. Rio de Janeiro, 2000.

ABREU, A. F. *Sistemas de Informações Gerenciais: Uma Abordagem Orientada a Negócios*. Florianópolis, IGTI, 1999.

ARTANA K., ISHIDA K. ***Replacement And Maintenance Scheduling Process For Marine Machinery In Wear-Out Phase***, Journal of Kansai Society of Naval Architecture (KSNAJ), No. 238, 2002.

BAGADIA K. ***Computerized maintenance management systems made easy: how to evaluate, select, and manage CMMS***. New York, McGraw-Hill. 2006.

BALDAM, R., VALLE, R., PEREIRA, H., HILST, S; ABREU, M., SOBRAL, V. ***Gerenciamento de Processos de Negócios - BPM - Business Process Management***. 2a Edição. Editora Érica, 2007.

BEN-DAYA, M., DUFFUAA, S.O., RAOUF, A.. ***Maintenance Modelling and Optimisation***, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.

BOURNE, M., NEELY, A. ***Implementing performance measurement systems: a literature review***, Int. J. Business Performance Management, Vol. 5, No. 1, 2003.

BOZNOS, D, ***The use of CMMSs to support team-based maintenance***, MPhil thesis, Cranfield University, Cranfield. 1998.

BYINGTON, C.S. KALGREN, P.W.. DUNKIN, B.K.. DONOVAN, B.P.. ***Advanced diagnostic/prognostic reasoning and evidence transformation techniques for improved avionics maintenance***. In IEEE Aerospace Conf. Proc., vol. 5, pag. 3424–3434. 2004.

CALABRIA, R.. PULCINI, G.. ***Inference and test in modeling the failure/ repair process of repairable mechanical equipments***. Reliability Eng System Saf 67, 2000.

CRAIN, Mike. ***The role of CMMS***. Industrial Technologies Northern Digital, Inc; 2003.

CRESPO, M.A.. ***The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance***. Londres, Reino Unido. Berlin, Springer. 2007.

CRUZ, Tadeu. ***Uso e Desuso de Sistemas Workflow. Porque as organizações não conseguem obter retorno, nem sucesso com investimentos em projetos de workflow***. Rio de Janeiro, RJ. E-Papers Editoriais, 2006.

DEKKER, R., SCARF, P. ***On the impact of optimisation models in maintenance decision making: state of the art***, Reliability Engineering & System Safety, 1998.

ERIKSSON, H., PENKER, M. ***Business modeling with UML: business patterns at work***. John Wiley & Sons. New York, 2000.

FERNANDEZ, O., WALMSLEY, R., PETTY, D.J. AND LABIB, A.W. ***A decision support maintenance management system development and implementation***. International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.20, 2003.

GABBAR, Hossam A.; YAMASHITA, Hiroyuki; SUZUKI, Kazuhiko; SHIMADA, Yukiyasu. **Computer-aided RCM-based plant maintenance management system**. 2003.

GARCIA, M. C., SANZ-BODI, M. A., PICO, J. **SIMAP: Intelligent System for Predictive Maintenance Application to the health condition monitoring of a windturbine gearbox**. Computer and Industry, Ed. Elsevier, 2006.

HOLLINGSWORTH, D. **Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model**. WFMC-TC-1003, 1995.

IUNG B. **From remote maintenance to MAS-based emaintenance of an industrial process**, In Journal of Intelligent Manufacturing, 14, 2003.

JESTON, J., NELIS, J. **Business Process Management: Practical Guidelines To Successful Implementations**. Ed. Taylor e Francis Group, 2006.

KARDEC, A., FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho**. Rio de Janeiro. Editora Qualitymark/Abraman. 2002.

KARDEC, A., NASCIF, N. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark. 2006

KIRK, Jerome; MILLER, Mark L., **Reliability and validity in qualitative research**. Sage, Bervely Hills, 1986.

KOBIELUS, J. G. **Workflow Strategies**. Foster, IDG Books Worldwide, 1997.

KRAFZIG, D., BANKE, K., SLAMA, D. **Enterprise SOA: Service-Oriented Architecture Best Practices**. Indianapolis, Prentice Hall, 2004.

LABIB, A.W. **World class maintenance using a computerised maintenance management system**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 4 No. 1, 1998.

LABIB, A., WALMSLEY, R., PETTY, D. ***A decision support maintenance management system development and implementation.*** International Journal of Quality & Reliability Management, 2003.

MCKONE, K. E., WEISS, E. N. ***Guidelines for Implementing Predictive Maintenance.*** Production And Operations Management. Vol.11, 2002.

MOUBRAY, J. ***Manutenção Centrada em Confiabilidade.*** Aladon Ltd. Lutterworth, 2000.

NASCIF, J. ***Manutenção de Classe Mundial,*** Revista Manutenção e Qualidade, n.29, 2000.

NASCIF, J., DORIGO, L. ***Manutenção Orientada para Resultados.*** Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark. 2010.

OLIVEIRA, K. R. ***Implementado a linguagem UML como uma ferramenta de definição de processo do fluxo de trabalho.*** 2004.

RIBOT, P., PENCOLE, Y., COMBACAU, M. ***Functional prognostic architecture for maintenance of distributed systems,*** 7th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes, 2009.

SANTANDER, V. F., CASTRO, J.F., ***Deriving Use Cases from Organizational Modeling,*** IEEE Joint International Requirements Engineering Conference, University of Essen, Germany, 2002.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. ***Metodologia científica: a construção do conhecimento.*** 5. ed. DP&A, Rio de Janeiro, 2002.

SHERWIN, D. ***A review of overall models for maintenance Management.*** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, 2000.

SINGER, T. **CMMS Solutions**. Industrial Maintenance & Plant Operation. Advantage Business Media, 1999.

SOMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 6° ed. Tradução Maurício de Andrade. São Paulo: Ed Addison-Wesley, 2003.

SOTHARD, T. **Crane maintenance directly affects overall costs, operating efficiency**. Pulp & Paper, 1996.

SU, K.W, HWANG, S.L, LIU, T.H. **Knowledge architecture and framework design for preventive human error in maintenance tasks**. Expert Systems Appl 2000;19:219–28. 2000.

TAVARES, L.A. **Controle de manutenção por computador**. Rio de Janeiro, JR Editora Técnica, 1987.

VACHTSEVANOS, F. L. LEWIS, M. ROEMER, A. HESS, B. **Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems**. Wiley, 2006.

VINES, C. J., KOMARLA, S., LEROY, H. S., MCGUIRE, R. A., **Dynamic Maintenance Management System**, The Foxboro Company, Boston, 2003.

WESKE, Mathias. **Business Process Management: concepts, languages, architectures**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.

WIREMAN, T. **Benchmarking best practices in maintenance management**. Industrial Press, 2003.

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION. **Workflow Management Coalition Audit Data Specification**. Document Number WFMC-TC-1015,1998.