

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

VAGNER MARCELO FONTANA

A MANUTENÇÃO INTEGRADA À PRODUÇÃO: MODELAGEM E ANÁLISE DO  
PROCESSO DE NEGÓCIO.

CURITIBA

2009

VAGNER MARCELO FONTANA

A MANUTENÇÃO INTEGRADA À PRODUÇÃO: MODELAGEM E ANÁLISE DO  
PROCESSO DE NEGÓCIO.

Dissertação de mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.  
Área de Concentração: Integração e Controle de Processos

**Orientadores: Prof. Dr. Marco Antonio Buseti de Paula  
Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos**

Curitiba  
2009

VAGNER MARCELO FONTANA

A MANUTENÇÃO INTEGRADA À PRODUÇÃO: MODELAGEM E ANÁLISE DO  
PROCESSO DE NEGÓCIO.

Dissertação de mestrado apresentada no  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
de Produção e Sistemas da Pontifícia  
Universidade Católica do Paraná como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.  
COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marco Antonio Busetti de Paula  
Orientador

---

Prof. Dr. Eduardo Alves Portela Santos  
Co-Orientador

---

Prof. Dr.  
Membro Interno

---

Prof. Dr.  
Membro Externo

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

## DEDICATÓRIA

A Rosangela e Gabriel, que sempre me  
quiseram ver por perto, fizeram  
marcação acirrada nos momentos de  
estudo e concentração. Obrigado,  
porque estes momentos foram inesquecíveis.

E a Deus, que tudo me deu e ainda  
uma Família maravilhosa.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar tenho a agradecer a Deus, a vida, a saúde e a sabedoria durante este período de estudo; sem uma base sólida de amor e confiança nele, não seria possível superar todos os momentos difíceis e de indecisão.

A minha esposa Rosângela que, durante o curso, me deu uma grande alegria, Gabriel, nome de anjo e espírito de guerreiro, que soube superar com sorrisos o nervosismo do pai e ela que teve toda a paciência de criar este menino durante este tempo, muitas vezes sozinha. Muito obrigado.

Aos queridos professores que tiveram a paciência e o bom humor de elogiar e criticar, tempo despendido por eles na arte de ensinar e transmitir conhecimento. Ao grupo de discussão professor Dr. Eduardo Alves Portela dos Santos, ao meu orientador Dr. Marco Antonio Buseti de Paula, obrigado pelas valiosas sugestões e orientações. Um agradecimento especial ao professor Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures pelo incontestável incentivo e motivação que dava a cada reunião.

Agradeço também à querida família Marista, principalmente ao Ir. Paulinho Vogel, ao Ir. Frederico Unterberger e ao Ir. Virgílio Josué Balestro que foram pessoas chaves no auxílio a esta conquista.

Aos amigos Fábio e Sebastião agradeço o auxílio, apoio e incentivo nos momentos críticos. E a todos aqueles que participaram de forma direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

## RESUMO

Em ambiente altamente competitivo, as empresas devem ser cada vez mais eficientes e promissoras, apresentando um diferencial perante seus concorrentes, em particular fatores importantes para o cliente. Dentro deste ambiente se encaixa o processo produtivo industrial, que é precursor na busca da eficiência e ainda se apresenta como foco das corporações no desenvolvimento de ferramentas e meios que ofereçam incremento perante o mercado. Juntamente ao processo produtivo, a manutenção industrial também deve ser considerada como diferencial que pode auxiliar positivamente os resultados previstos nesta composição.

Esta pesquisa visa examinar os processos produtivos de manufatura enxuta, os métodos de manutenção, os indicadores comuns nestes dois cenários e a metodologia de BPM, fazendo uma síntese sobre estes aspectos. Baseado na pesquisa, este trabalho tende a demonstrar um procedimento de unificação dos departamentos de produção e manutenção, utilizando o monitoramento de indicadores de desempenho e a modelagem de processos de negócio para desenvolver um framework que possa auxiliar na modelagem e implantação deste tipo de estrutura chamado manutenção descentralizada.

**Palavras – chave:** Manutenção Descentralizada; Produção Enxuta; Modelagem de Processo; Indicadores de Desempenho.

## ABSTRACT

In a highly competitive environment, companies must be increasingly efficient and promising, showing a spread before its competitors, especially important factors for the client. Inside this environment fits the industrial production process that is the forerunner in search for efficiency and is presented as a corporation focus in the development of tools and resources that offer to increase the market. Along with the production process, the industrial maintenance should also be considered as a differential that can assist the positive results expected in this composition.

This research aims to examine the processes of lean manufacturing, maintenance methods, the common indicators in these two scenarios and the BPM methodology, making a summary on these aspects. Based on research, this work tends to demonstrate a procedure to unify the departments of production and maintenance; using the monitoring of indicators performance and modeling the business processes to develop a framework that can assist in a modeling and deployment of this type of structure called decentralized maintenance

**Keywords:** Decentralized Maintenance; Lean Production; Modeling Process; performance Indicators.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 METODOLOGIA { ADAPTADO DE PINHEIRO DE LIMA (2001) } .....	18
FIGURA 2 PLANO DE PROCESSOS (HÖRTE 1987). .....	23
FIGURA 3 NÍVEL HIERÁRQUICO DA MANUTENÇÃO (ABRAMAN 2007). .....	32
FIGURA 4 FORMAS DE ATUAÇÃO DA MANUTENÇÃO (ABRAMAN 2005). .....	33
FIGURA 5 FONTE: ABRAMAN (2007). .....	33
FIGURA 6 NÍVEIS DE INDICADORES ADAPTADO DE WIREMAN (2007) .....	42
FIGURA 7 ADAPTADO DE BURLTON (2001) INTERLIGAÇÃO ENTRE AS ETAPAS .....	55
FIGURA 8 ADAPTADO DE KHAN (2004) MODELO CÍCLICO .....	55
FIGURA 9 RAPOSO (2000) .....	59
FIGURA 10 MODELO INCOME SUITE, ADAPTADO DE INCOME (2009) .....	63
FIGURA 11 FUNÇÃO PRODUÇÃO, AUTORIA PRÓPRIA .....	68
FIGURA 12 INDICADORES GLOBAIS, AUTORIA PRÓPRIA .....	69
FIGURA 13 ÁREA DE ESTUDO, AUTORIA PRÓPRIA .....	70
FIGURA 14 MODELO BALDAM ET AL (2007) .....	73
FIGURA 15 FRAMEWORK DE PROCESSO, AUTORIA PRÓPRIA. ....	74
FIGURA 16 MÓDULO ATUAL DA ORGANIZAÇÃO, AUTORIA PRÓPRIA .....	75
FIGURA 17 FLUXO DE INFORMAÇÃO, AUTORIA PRÓPRIA. ....	75
FIGURA 18 MÓDULO OBJETIVO DA ESTRATÉGIA, AUTORIA PRÓPRIA .....	77
FIGURA 19 MÓDULO MODELO DE MANUTENÇÃO, AUTORIA PRÓPRIA .....	79
FIGURA 20 APROVAÇÃO DO MODELO, AUTORIA PRÓPRIA .....	80
FIGURA 21 MÓDULO DE VALIDAÇÃO FINAL, AUTORIA PRÓPRIA .....	81
FIGURA 22 TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES, AUTORIA PRÓPRIA .....	82
FIGURA 23 ORGANOGRAMA GERAL, FONTE EMPRESA .....	92
FIGURA 24 ORGANOGRAMA DA UNIDADE 1, FONTE EMPRESA .....	92
FIGURA 25 ORGANOGRAMA DA MANUTENÇÃO, FONTE EMPRESA .....	93
FIGURA 26 FLUXOGRAMA CORRETIVA PROGRAMADA .....	95
FIGURA 27 FLUXOGRAMA DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	96
FIGURA 28 FLUXOGRAMA DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	97
FIGURA 29 FLUXOGRAMA DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	98
FIGURA 30 NOVO FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO .....	105
FIGURA 31 GERÊNCIA DE UNIDADE .....	106
FIGURA 32 GERÊNCIA DE UNIDADE .....	106
FIGURA 33 MODELAGEM, AUTORIA PRÓPRIA .....	107



FIGURA 34 MODELAGEM INDICADORES .....	107
FIGURA 35 MODELAGEM CORRETIVAS .....	108
FIGURA 36 ROLES "AJUSTADOR" .....	109
FIGURA 37 ROLES MECÂNICOS.....	109
FIGURA 38 SIMULAÇÃO .....	110
FIGURA 39 DADOS INSERIDOS .....	110
FIGURA 40 DADOS INSERIDOS "TEMPO" .....	111
FIGURA 41 DADOS INSERIDOS "CAPACIDADE" .....	111
FIGURA 42 RELAÇÃO ENTRE ROLES E ATIVIDADES.....	111
FIGURA 43 SIMULATIONS .....	112
FIGURA 44 INDICADOR COLETA DE DADOS PARA EXEMPLO DE SUCATA .....	113
FIGURA 45 TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES .....	113
FIGURA 46 INDICADOR DE OEE, CRIADO PELO AUTOR .....	114
FIGURA 47 PARETO DE OEE, PIORES MÁQUINAS, CRIADO PELO AUTOR .....	114
FIGURA 48 MODELAGEM DO PROCESSO DE INDICADORES.....	115
FIGURA 49 RESULTADO DA SIMULAÇÃO .....	116
FIGURA 50 GRÁFICO DA SIMULAÇÃO.....	116
FIGURA 51 MODELO ANTES DA INTEGRAÇÃO .....	117
FIGURA 52 INDICADOR OEE MEDIÇÃO .....	118

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 HISTÓRICO DAS FORMAS DE ATUAÇÃO.....	16
TABELA 2 PROTOCOLO DE PESQUISA AUTORIA PRÓPRIO .....	20
TABELA 3 CONTINUAÇÃO.....	21
TABELA 4 COMPARAÇÃO ENTRE MANUFATURA TRADICIONAL E ENXUTA.....	26
TABELA 5 EXEMPLO DE INDICADORES ADAPTADO DE ROSA (1996) .....	41
TABELA 6 SWOT .....	76
TABELA 7 ESPECIFICAÇÕES GERAIS, AUTORIA PRÓPRIA .....	78
TABELA 8 APLICAÇÃO DA ANÁLISE SWOT .....	85
TABELA 9 LISTA DE COLABORADORES, FONTE EMPRESA .....	87
TABELA 10 COLETA DE DADOS, AUTORIA PRÓPRIA.....	102
TABELA 11 PARETO DAS PERDAS, AUTORIA PRÓPRIA.....	103
TABELA 12 INDICADORES, AUTORIA PRÓPRIA.....	103
TABELA 13 ESPECIFICAÇÕES GERAIS .....	104

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira Normas Técnicas

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

BPM – Business Process Management

BPMN – Business Process Management Notation

BPMS – Business Process Management Suites

CMMS – Computer Maintenance Management Systems

ERP – Enterprise Resource Planning

ILVS – In Line Vehicle Sequence

JIT – Just In Time

MOD – Mão de Obra Direta

MOI – Mão de Obra Indireta

MPM – Medição de Plano Mestre

MTBF – Mean Time Between Failures

MTTR – Mean Time to Recovery

NR – Normas Reguladoras

OAR – Objective Achievement Review

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OS – Ordem Serviço

PA – Plano de Ação

PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo

PN – Petri Net

PPH – Peça Pessoa Hora

PPM – Partes por Milhão

RCM – Reliability Centered Maintenance

RDP – Rede de Petri

TI – Tecnologia da Informação

TOPS – Team Oriented Problem Solving

TPM – Total Productive Maintenance

TRS – Taxa de Rendimento Sintético

WIP – Work in Process

**SUMÁRIO**

<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA .....	14
1.2 JUSTIFICATIVAS .....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.4 OBJETIVO GERAL .....	18
1.5 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	18
1.6 METODOLOGIA – ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	18
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
2.1 GESTÃO ESTRATÉGICA.....	22
2.2 MODELO DE PRODUÇÃO ENXUTA .....	24
2.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL .....	27
2.3.1 <i>A evolução da manutenção.....</i>	<i>27</i>
2.3.1.1 Tipos de manutenção .....	27
2.3.1.2 Manutenção corretiva.....	28
2.3.1.3 Manutenção preventiva .....	28
2.3.1.4 Manutenção preditiva.....	28
2.3.1.5 Manutenção detectiva .....	28
2.3.1.6 Engenharia de manutenção .....	29
2.3.2 <i>Função estratégica da manutenção.....</i>	<i>29</i>
2.3.3 <i>A Manutenção Descentralizada .....</i>	<i>30</i>
2.4 TPM.....	34
2.4.1 <i>Fundamentos do TPM .....</i>	<i>34</i>
2.4.1.1 Conceitos.....	35
2.4.2 <i>Manutenção Autônoma.....</i>	<i>36</i>
2.4.2.1 Falha e Quebra do Equipamento.....	37
2.4.2.2 A Reestruturação da Manutenção e o TPM .....	38
2.5 INDICADORES DE DESEMPENHO.....	39
2.5.1 <i>Coordenação e Planejamento da Manutenção – Indicadores Chaves... 45</i>	

2.5.2	<i>OEE</i> .....	47
2.5.2.1	Benefícios apresentados no grupo SEMATECH .....	48
2.5.2.2	Como calcular OEE. ....	49
2.6	BPM GESTÃO DO PROCESSO DE NEGÓCIO.....	50
2.6.1	<i>Fatores críticos de sucesso em implantação de BPM</i> .....	54
2.6.1.1	Ciclo de Gerenciamento de processo de negócios .....	54
2.6.1.2	Planejamento de um processo BPM.....	56
2.6.1.3	Modelagem do processo.....	56
2.7	REDES DE PETRI.....	57
2.7.1	<i>Propriedades das redes de Petri</i> .....	58
2.7.2	<i>Análise</i> .....	61
2.7.3	<i>INCOME SUITE</i> .....	63
2.7.4	<i>Conclusão da Abordagem teórica</i> .....	64
<b>3.</b>	<b>MODELAGEM</b> .....	<b>68</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	68
3.2	ÁREA DE ATUAÇÃO .....	69
3.3	O MODELO .....	74
3.3.1	<i>Módulo Atual da organização</i> .....	75
3.3.2	<i>Módulo Objetivo da estratégia</i> .....	77
3.3.3	<i>Modelo de Manutenção</i> .....	79
3.3.4	<i>Módulo de Validação Final</i> .....	80
3.4	APLICAÇÃO DO MODELO NA ANÁLISE DOS PROCESSOS DE NEGÓCIOS ..	83
3.4.1	<i>Introdução</i> .....	83
3.4.2	<i>Aplicação do Modelo</i> .....	83
3.4.2.1	Manutenção descentralizada na unidade Planta Metal .....	83
3.4.2.2	Módulo Atual da organização .....	83
3.4.2.3	Módulo 2 – Módulo Objetivo .....	99
3.4.2.4	Módulo 3 – Módulo Modelo de Manutenção .....	104
3.4.2.5	Módulo 4 – Módulo de Validação Final .....	112
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>120</b>
<b>5.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>122</b>
<b>6.</b>	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>130</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos tem-se notado uma crescente mudança nos padrões aplicados ao departamento de manutenção, nas mais diferentes áreas. A principal mudança se refere aos modos de gestão que estão migrando do clássico modelo centralizado, onde existe gestor e departamento, para os modelos descentralizados e mistos. Estes processos vem ao encontro das mudanças pregadas na gestão estratégica das empresas que buscam a melhoria continua e uma forma de maximizar a disponibilidade e minimizar os gastos com equipamentos produtivos e prediais. Também iniciou o processo de monitoramento dos indicadores em que se busca a maximização do lucro por meio do acompanhamento de fatores que interferem direta ou indiretamente no processo chamado de Indicadores de desempenho.

### **1.1 Apresentação do tema**

A manutenção começou a ser considerada como função estratégica a partir da década de 50, com a criação das primeiras ferramentas de controle dos meios produtivos e ferramentas de melhorias, como TPM, RCM, preventivas e preditivas. Agora novas formas de manutenção estão se difundindo na indústria, a chamada manutenção descentralizada e a manutenção mista.

Estas formas de manutenção quebram o clássico modelo do departamento de produção, separado do departamento de manutenção, que apresentavam objetivos diferenciados e que em muitos casos fugiam da meta global da empresa que poderia produzir com menor custo e conseqüentemente lucrar com isso ou melhorar a eficiência de determinadas linhas de produção, reduzindo as perdas.

Uma das finalidades deste estudo será apresentar a crescente forma de estratégias industriais que extinguem ou suprimem o velho departamento de manutenção, dentro de um contexto de produção puxada. Buscam-se formas de aplicação coordenada neste “ambiente”, monitorando-as pelo indicador de desempenho, para identificar as melhorias no processo, qualidade e manutenibilidade. Através dos artifícios de criação dos processos de BPM e pela simulação em redes de Petri, poderemos simular os processos de trabalho, dados e identificação de melhorias nos processos.

## 1.2 Justificativas

No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos. Até 1914, a Manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação.

Como nos diz TAVARES (2004), com a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção, hoje conhecida como Corretiva.

TAVARES (2004) cita que, com o passar dos anos, o processo de manutenção evoluiu, devido às necessidades de produção e ao crescimento do consumo; várias ferramentas e modos de melhorias foram criados, como TPM (manutenção produtiva total), RCM (manutenção centrada na confiabilidade), e também vários modos de gestão de manutenção foram definidos e implantados, buscando-se sempre a melhoria contínua dos processos.

Neste ponto iniciou-se a mudança, o qual gerou o processo de absorção da manutenção pela produção, sendo dividido em grupos, de vários modos distintos e descentralizado de um departamento: o setor de manutenção. Esta forma foi vista e desenvolvida pelas empresas, buscando uma melhoria em seus processos de produção e manutenção, devido a uma série de problemas que relaciona estes dois setores. E esta forma de estrutura de manutenção, como o departamento de manutenção, devem participar da estruturas e das tomadas de ações realizadas nos demais níveis da estrutura hierárquica. Como citam KARDEC et al (2002), “pensar e agir estrategicamente para que a atividade manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial”.

A importância deste trabalho deriva da necessidade de um processo formal e estruturado de manutenção, ela deve ser bem considerada, como verdadeira função decisiva da corporação produtiva. Di-lo KARDEC et al (1998) nos seguintes termos “Neste cenário não existem espaços para improvisos e arranjos”. Isto quer dizer que a empresa deve reconhecer criteriosamente o processo da manutenção, deve caracterizar-se como função estratégica, tendo embasamento teórico para tanto.

Outro ponto importante que instiga a realização deste trabalho se refere à crescente escalada na mudança dos processos de manutenção centralizada para descentralizada, identificadas pela ABRAMAN, em seu documento nacional, como podemos ver na tabela 1.

Tabela 1 Histórico das formas de atuação.

<b>Forma de atuação da manutenção</b>			
<b>Ano</b>	<b>Centralizada</b>	<b>Descentralizada</b>	<b>Mista</b>
<b>2007</b>	<b>26,28%</b>	<b>33,97%</b>	<b>39,80%</b>
<b>2005</b>	<b>35,96%</b>	<b>27,20%</b>	<b>36,84%</b>
<b>2003</b>	<b>42,52%</b>	<b>21,26%</b>	<b>36,22%</b>
<b>2001</b>	<b>36,62%</b>	<b>21,13%</b>	<b>42,30%</b>
<b>1999</b>	<b>40,52%</b>	<b>21,55%</b>	<b>37,90%</b>
<b>1997</b>	<b>42,50%</b>	<b>15,83%</b>	<b>41,70%</b>
<b>1995</b>	<b>46,20%</b>	<b>13,70%</b>	<b>33,50%</b>

Fonte: Adaptado de ABRAMAN (2007).

Os freqüentes atritos entre produção e manutenção são históricos e não respeitam limites geográficos. Em todo lugar do mundo, os problemas são sempre os mesmos: Produção criticando Manutenção, porque não oferece o equipamento em boas condições operacionais; e a Manutenção criticando a Produção por não saber operar os equipamentos adequadamente, não cumprir os procedimentos, não se preocupar com o estado físico dos equipamentos, só acionar a equipe de manutenção quando o equipamento quebra ou está em condições críticas de operações, não dando tempo suficiente para se fazer uma intervenção adequada. O resultado dessas atitudes é a dificuldade de fazer uma boa manutenção, promovendo um lugar de trabalho livre de falhas e problemas.

Para XENOS (1998) a especialização dos departamentos resultou em uma divisão pouco eficiente das tarefas; ambos passaram a executar somente aquilo que é inerente a seus departamentos e esqueceram que, no passado, isso foi muito diferente.

A divisão em departamentos de produção e manutenção já gerou e continua a gerar inúmeras intrigas e uma separação incomum na indústria; ambos buscam um único foco, o “lucro”; tais intrigas são históricas e precisam deixar de existir ou serem minimizadas (KARDEC et al, 2003).

Pode-se dizer que a manutenção é a medicina das máquinas. Como na medicina a Manutenção Autônoma visa resgatar fatores positivos que existiam no passado, logo após a Revolução Industrial. A política de manutenção adotada era a corretiva e não programada. As pessoas que faziam a manutenção eram os próprios operadores. Em função disso, havia um forte elo entre os operadores e o equipamento.



*“Como um retorno ao passado, várias empresas estão trabalhando atualmente na aproximação dos dois departamentos para que a produção funcione como nas antigas fábricas, onde havia maior interesse dos operadores pelo bom funcionamento dos equipamentos. O objetivo desta aproximação é o aumento da eficiência da manutenção, através da redução do número de falhas e do seu tempo de duração, resultando em maior produtividade.” XENOS (1998).*

Parte deste trabalho será baseado metodologia BPM, a sua história inicia a partir da década de 90, quando os empresários percebem a necessidade de mapear seus processos de negocio para poder simplificar de forma eficiente e flexível. (PÁDUA et al, 2004).

*“BPM recorre a uma teoria ou estratégia de administração empresarial que corretamente precede e forma a fundação por um ter evoluído rapidamente, extremamente valiosa solução de tecnologia. Os objetivos de processos empresariais que são emaranhados devem ser mutuamente consistentes. (MCGOVERAN, 2004)”.*

Através da utilização das ferramentas desenvolvidas por Carl Adam Petri em sua tese de doutorado em 1962 (AALST, 1992) será modelado o processo, formalizando a proposta e dando flexibilidade e simplicidade. Estas ferramentas são representações matemáticas para sistemas distribuídos discretos. Como uma linguagem de modelagem, ela define graficamente a estrutura de um sistema distribuído como gráficos direcionados com comentários. Possuem liames (nó) de posição, liames (nó) de transição, e arcos direcionados conectando posições com transições. As formalidades para desenvolvimento do modelo em Petri estão baseadas em BPM que segundo BURLTON (2001) são ferramentas de Gerenciamento de Processo de Negócio destinadas ao gerenciamento de serviços com a implementação de regras da lógica do negócio.

### **1.3 Problema de pesquisa**

Há necessidade de estudo de um modelo que realize a integração da manutenção e produção e identifique indicadores comuns a estes dois departamentos para que permita o detalhamento das atividades comuns e auxilie na aplicação dos processos de manutenção descentralizada e mista em um departamento de produção industrial.

## 1.4 Objetivo Geral

O Objetivo geral desta pesquisa é o estudo das questões de manutenção e as filosofias de produção, buscando a sua integração e avaliando através de indicadores de desempenho, baseando-se em uma abordagem por processos e o formalismo de redes de Petri.

## 1.5 Objetivo Específico

Identificar os processos de manutenção.

Relacionar a estratégia de produção ao processo de manutenção.

Aplicar o modelo de manutenção ao processo formal de produção.

Relacionar os indicadores que integrem manutenção e produção.

Construção do ciclo BPM envolvendo a manutenção e a produção.

Realizar a aplicabilidade de estudo de caso por meio da ferramenta Rede de Petri.

## 1.6 Metodologia – estratégia de pesquisa

Buscando atender aos objetivos propostos, torna-se necessário uma fundamentação teórica estruturada que tem como objetivo apresentar os referenciais teóricos baseados nos processos de manutenção descentralizada, gestão estratégica da produção e BPM. Na figura 1 é apresentada a estratégia de trabalho para a realização deste trabalho.

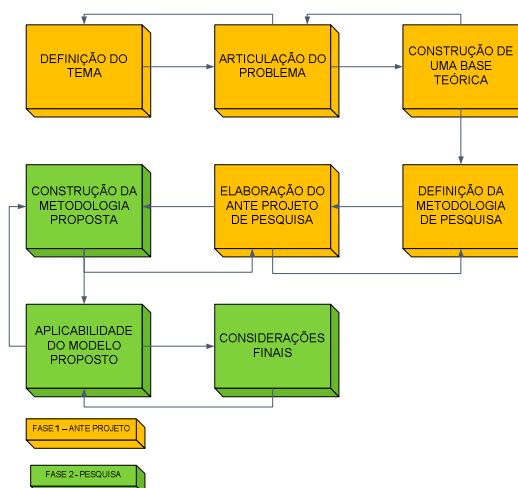


Figura 1 Metodologia {adaptado de Pinheiro de Lima (2001)}

Fase 1 – processo de elaboração do anteprojeto com a definição do tema, articulação do problema, construção de uma base teórica, definição da metodologia de pesquisa e consequentemente a elaboração do anteprojeto.

Fase 2 – Processo de elaboração da construção da metodologia que está sendo proposta, realizar a aplicabilidade do modelo e realizar as considerações finais.

Dentro da metodologia proposta será utilizado o processo de pesquisa exploratória. O estudo exploratório (geralmente com uma pequena amostra) permite ao investigador definir o seu problema de investigação e formular sua hipótese mais precisa. Também lhe permite escolher as técnicas mais adequadas para a sua investigação e de decidir sobre as questões que têm maior necessidade de atenção e de investigação aprofundada; pode alertá-lo para potenciais dificuldades, sensibilidades e áreas de resistência. Entendendo isso, o pesquisador deve identificar os elementos importantes que possam contribuir para a solução do problema, buscando familiarizar-se com ele e construir hipóteses para sua solução. Segundo THEODORSON & THEODORSON (1970) pesquisa exploratória é uma forma de familiarizar-se com o fenômeno que está a investigar.

A abordagem utilizada para aplicabilidade do modelo desenvolvido neste trabalho será o “*estudo de caso*” no qual se busca o estudo de empresas, onde a aplicação do modelo pode ser realizada, buscando de forma cooperativa uma interação entre pesquisadores e pesquisados, utilizando as pesquisas bibliográficas para dar embasamento teórico nos experimentos, tendo como meta a estruturação do modelo desenvolvido. Ver figura 15.

Para a coleta de dados no caso deste estudo, foi criada uma lista com questões para a realização de entrevistas (em apêndice), que busca coletar informações que possam identificar informações cruciais para a modelagem, informações estruturais, informações qualitativas e quantitativas que demonstrem a realidade das empresas e possam ser comparadas posteriormente no modelo.

Os dados levantados nas entrevistas nos estudos de casos foram fundamentais e serviram de base para a construção dos modelos das empresas em estudo, estes modelos foram estruturados na ferramenta INCOME, foi base para a modelagem e simulação.

Segundo Yin (2005), o Protocolo de Pesquisa visa fornecer informações detalhadas sobre os procedimentos adotados e os passos seguidos no desenvolvimento da pesquisa, mostrando que o estudo pode ser repetido, garantindo sua confiabilidade. Na tabela 2 e 3 apresenta-se o protocolo de pesquisa deste projeto. Através dos objetivos específicos, foram traçadas as metas.

Tabela 2 Protocolo de pesquisa autoria próprio

<i>Protocolo de Pesquisa</i>							
<i>Objetivo Geral</i>	O estudo das questões de manutenção descentraliza ou mista e as filosofias de produção através da avaliação de indicadores de desempenho, baseando-se em uma abordagem por processos e o formalismo de redes de Petri. A modelagem irá estruturar os processos de um modelo de organização.						
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Estratégias de Pesquisa</b>	<b>Técnicas de Pesquisa</b>	<b>Recursos</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>Validação</b>	<b>Participantes</b>
Manutenção descentralizada e mista	Identificar conceitos referentes a manutenção descentralizada e mista	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Identificar conceitos de TPM e manutenção autônoma	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Desenvolver estudo sobre as ferramentas de manutenção	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
Relação estratégias de produção e manutenção	Identificar os conceitos de gestão estratégica	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Estudo do processo de produção enxuta	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
Aplicação do modelo de manutenção ao processo de produção	Estudo das divergências entre manutenção e produção	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Identificar conceitos e processos similares entre os dois departamentos	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa

Tabela 3 Continuação

<i>Protocolo de Pesquisa</i>							
<i>Objetivo Geral</i>	O estudo das questões de manutenção descentraliza ou mista e as filosofias de produção através da avaliação de indicadores de desempenho, baseando-se em uma abordagem por processos e o formalismo de redes de Petri. A modelagem irá estruturar os processos de um modelo de organização.						
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Estratégias de Pesquisa</b>	<b>Técnicas de Pesquisa</b>	<b>Recursos</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>Validação</b>	<b>Participantes</b>
Indicadores de manutenção e produção	Identificar os indicadores de manutenção	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Identificar os indicadores de produção	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
Ciclo BPM	Identificação dos modelos de ciclo BPM	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Busca de material referente a modelagem do processo	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Identificar modelos teóricos que apresentem a mesma proposta.	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
Aplicação de redes de Petri no estudo	Identificação da base conceitual de redes de petri	Construção de uma base teórica	Pesquisa Bibliográfica	Artigos técnicos e científicos, livros, revistas, internet e monografias	Construção de uma base sólida para validação da base conceitual	Base científica	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Modelagem através de redes	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Proposta de uma metodologia para integração entre produção e manutenção	Pesquisador	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Construir um modelo teórico de modelagem de processo de negócio	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Proposta de uma metodologia para integração entre produção e manutenção	Pesquisador e profissionais da empresa	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Identificar empresa para aplicar o modelo	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Ter definida a empresa em que será aplicado o modelo	Pesquisador	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Realizar entrevista para coleta de dados	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Coleta de dados para simular o modelo	Pesquisador e profissionais da empresa	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Aplicar a metodologia	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Verificar a aplicação do modelo	Pesquisador e profissionais da empresa	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Simular o modelo com os dados coletados	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Verificar a aplicação do modelo	Pesquisador e profissionais da empresa	Pesquisador, professores, profissionais da empresa
	Apresentar os resultados e concluir	Estudo de caso	Entrevistas estruturadas	Entrevistas, observação direta, análise documental	Divulgação dos resultados da pesquisa e conclusão.	Pesquisador e profissionais da empresa	Pesquisador, professores, profissionais da empresa

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Gestão estratégica

A palavra estratégia pode ser classificada de várias formas e apresentar várias definições, mas a que mais se encaixa neste contexto foi citado por SLACK et al (1997) como sendo processo de decisões e ações que coloquem a empresa ou companhia em ambiente de negócios para que atenda metas estabelecidas em determinado prazo.

PORTER (1996) deixa claro em seu artigo que as vantagens competitivas são temporárias; por este motivo as empresas devem ser flexíveis e responder rapidamente às alterações ocorridas no mercado, e tais alterações devem ser vistas, quando comparadas com seus rivais, para poder obter maior evolução. Este processo deve ser contínuo, tentando sempre desenvolver as chamadas *competências centrais* para manter-se na dianteira.

Para KARDEC et al (2002), neste espaço competitivo não há mais condições de admitir improvisos e arranjos, pois alguns fatores são e devem ser levados em conta, como: competência, flexibilidade, criatividade, velocidade, cultura de mudanças e trabalho em equipe; estes pontos são características básicas de sobrevivência.

SKINNER (1969) foi o primeiro a citar a necessidade de que a produção deveria participar do processo de estruturação de uma estratégia de negócios, pois esta é parte interessada nos planos e ela fará parte dos cumprimentos das metas. Sem esta interação o processo de negócios não terá um ótimo sucesso. Muitas empresas reconhecem este ponto importante, mas não sabem como fazê-lo.

WHEELWRIGHT et al (1984) colocam em seu artigo que os processos de estratégias são classificados através de uma estrutura hierárquica assim: Estratégia Corporativa, Estratégia de Negócios e Estratégias Funcionais. HÖRTE (1987) nos mostra uma estrutura para apoio e entendimento da estratégia de manufatura e coloca a figura 2 como um plano de processos.

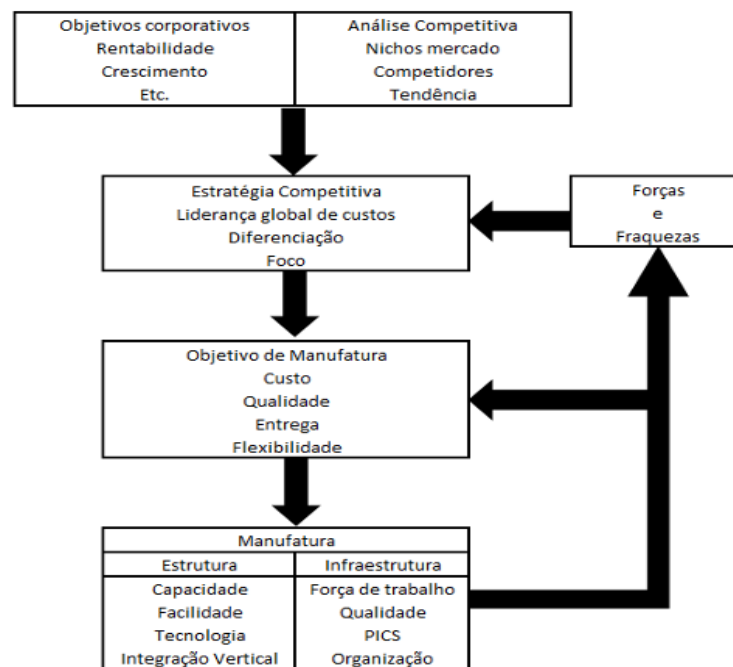


Figura 2 Plano de processos (HÖRTE 1987).

SKINNER (1969) nos apresenta sua visão de estratégia de produção; “é um grupo de planos e políticas pelos quais uma companhia busca ganhar vantagens sobre seus competidores”, e ainda cita que é necessário um processo de agregação de valor aos clientes.

Para PORTER (1996) a eficiência operacional e a estratégia são essenciais a busca da excelência, sendo o objetivo principal de qualquer empresa; mesmo operando de maneira diferente. Para uma empresa ultrapassar os rivais deve apresentar uma característica única. Terá de proporcionar maior valor aos consumidores ou criar valor a custos mais baixos; ou fazer as duas coisas. O fato de proporcionar maior valor permite-lhe cobrar preços mais elevados. Maior eficiência significa custos unitários mais baixos. No final, todas as diferenças entre as empresas, em termos de custos ou preços, advêm do conjunto de atividades necessárias à criação, produção, venda e entrega dos seus produtos ou serviços.

Um dos pontos importantes citados por PORTER (1996) é que todos os custos são gerados pelo exercício de atividades; as vantagens de custo surgem do desempenho dessas atividades de forma mais eficiente do que a concorrência. Do mesmo modo, a diferenciação surge tanto da escolha de uma atividade única como da forma como é executada. As atividades são, portanto, os fatores-chave da vantagem competitiva. Logo, a vantagem ou desvantagem competitiva de uma empresa resulta do conjunto das suas atividades, e não apenas de algumas.

Para PORTER (2000), "a estratégia competitiva visa estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra as forças que determinam a competição industrial". O nível de competitividade alcançado pela empresa ou unidade de negócios depende de fatores sistêmicos, estruturais ou empresariais, segundo COUTINHO e FERRAZ (1994), relacionados, respectivamente, às condições macroeconômicas, político-institucionais, regulatórias, infraestruturais e sociais do país, onde a empresa está instalada; às características do mercado, da concorrência e da configuração da indústria ou setor econômico em que a empresa atua; e à capacidade gerencial e operacional da própria empresa.

PORTER (2000) cita a existência dos fatores que dão base para assuntos relacionados à competitividade das empresas, mostrando cinco etapas importantes que determinam a dinâmica da competição em uma indústria: a entrada de novos concorrentes, a ameaça de substitutos, o poder de barganha dos clientes, o poder de barganha dos fornecedores e a rivalidade entre os concorrentes atuais.

Para PORTER (2000).

*"A pressão coletiva destas cinco forças determina a habilidade de uma indústria de ganhar, em média, taxas de retorno sobre o investimento em excesso ao custo de capital. A pressão das cinco forças varia de indústria para indústria e se pode modificar quando a indústria evolui..."*

## **2.2 Modelo de produção Enxuta**

O processo de produção sofreu grandes modificações após a segunda guerra mundial. Então tornou-se necessário produzir grande quantidade de produtos em pouco tempo de produção e em lotes pequenos, atendendo sempre aos pedidos dos clientes. Mas todo este processo não era contemplado pelo modelo desenvolvido por Henry Ford anos antes, onde se pregava a produção em massa e um único modelo/produto. Através de estudos, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda criaram nova metodologia chamada de ohnismo, que tinha como princípio a redução de todos os desperdícios em linha de produção, tal filosofia chamou-se Just in Time. (Schonberger, 1994).

Ainda nos tempos de guerra, a Toyota que fabricava teares, desenvolveu uma tecnologia que seria fundamental para a mudança da companhia. Nos equipamentos que a ela fabricava existia um dispositivo que permitia que este parasse de funcionar, se algum defeito acontecia. Ohno aplicou este princípio nas linhas de montagem e posteriormente o expandiu a toda a fábrica, mesmo em situações de trabalho e operações, onde não existiam equipamentos



automáticos. A esta aplicação se chamou de “autonomação” (Schonberger, 1994). Autonomação descreve um recurso de projeto de máquinas para desempenhar o princípio de Jidoka utilizado pelo Sistema Toyota de Produção. Autonomação, ou Jidoka, pode também ser descrito como "automação inteligente" ou "automação com toque humano". Este tipo de automação implementa algumas funções supervisoras antes das funções de produção. Na Toyota isto geralmente significa que, se uma situação anormal aparecer, a máquina pára e os operários pararão a linha de produção. Autonomação previne produtos defeituosos, elimina superprodução e foca a atenção na compreensão do problema e assegura que esse problema não se repita. A união dos elementos mencionados chama-se hoje Manufatura Enxuta. Embora a origem do termo não seja mais matéria de discussão, os conceitos nos quais esta filosofia se fundamenta estão longe de ser consenso entre acadêmicos, pesquisadores e profissionais da indústria. Vem-se algumas descrições e definições para o termo.

Para Cusumano (1994), os princípios da manufatura enxuta são: produção Just in Time, estoques em processos minimizados, concentração geográfica da montagem e da produção de componentes, produção “puxada”, produção nivelada, set ups curtos, padronização do trabalho, equipamentos à prova de falhas, operadores multifuncionais e uma melhoria incremental e contínua dos processos.

Womack e Jones (1992) estabelecem o chamado “pensamento enxuto”, que se baseia em cinco princípios: *o princípio do valor*, a partir do qual se determina o quanto cliente está disposto a pagar por um dado bem, e em função desta informação são extraídos os custos alvos para o mesmo (target costs). *O princípio da cadeia de valor*, entendendo-se esta cadeia como o conjunto de operações destinadas à fabricação de um item, desde as matérias primas até a entrega e colocação final do produto. Esta cadeia deve estar composta apenas por atividades que adicionam valor ao produto; portanto, livre de desperdício. *O princípio do fluxo*, que indica que qualquer detenção do fluxo dos materiais na direção do produto acabado deve ser entendida como perda. Estas paradas e alterações do fluxo darão origem aos inventários em processo, atrasos, refugos etc. *O princípio da produção puxada*, tem como premissa garantir que seja produzido somente o necessário para atender as necessidades do cliente. *O princípio final*, o do perfeito, prega que todo fabricante que deseja atingir o nível de enxuto deve posicionar seus objetivos na perfeição. Perfeição é entendida como zero defeito, no combate às causas dos problemas, dos atrasos, na redução dos inventários, da variabilidade, ou seja, nada que o leve ao desperdício.

Um relato interessante de implementações dos conceitos da Manufatura Enxuta é o apresentado por Mattar e Aquino (1997). Neste relato pode-se apreciar um comparativo entre

a Ford do Brasil, antes e após de estabelecer os preceitos da Manufatura Enxuta. Entre os fatores que podem ser salientados, se encontra o surgimento de grupos de trabalhos com estrutura matricial, fato que aponta a um maior entrosamento e participação de todas as áreas da empresa. No chão de fábrica se detectou um significativo aumento das horas de treinamento, bem como percebeu-se elevação do poder de decisão e autonomia ao longo da estrutura organizacional. Também ocorreu redução no número de fornecedores. Do ponto de vista da qualidade, a Ford dos EUA desenvolveu uma técnica para resolução de problemas de qualidade por equipes (TOPS - Team Oriented Problem Solving). Em matéria de flexibilidade no programa da montadora, foi desenvolvido o sistema de programação chamado ILVS – Sequência de veículo em linha, que permite grande adequação entre a demanda e a montagem, através da substituição de modelos programados na linha de montagem. Finalmente as premissas do Just In Time japonês passaram a ser utilizadas por completo na Ford do Brasil. O ponto mais relevante pode ser considerado o da redução dos estoques de três a cinco dias para umas poucas horas de duração.

Como pode ser apreciado nestes concisos exemplos, não existe um padrão nas implantações dos conceitos de Manufatura Enxuta, apenas algumas semelhanças e pouco podem ser aproveitado de experiências passadas por empresas que já viveram estes processos. O que fica claro é a grande quantidade de benefícios que podem ser obtidos através de iniciativas desta natureza. Para reforçar ainda mais a diferença existente entre os preceitos da Manufatura Tradicional e os da Manufatura Enxuta, a tabela 4 mostra uma comparação resumida entre estes enfoques.

Tabela 4 Comparação entre manufatura tradicional e enxuta

	Manufatura Tradicional	Manufatura Enxuta
Programação	Previsão / empurrar	Pedido do Cliente / puxar
Produção	Estoque	Sob pedido
Lead Time	Longo	Curto
Tamanho de Lote	Grande (filas)	Pequeno
Lay out	Funcional	Produto / Fluxo
Empowerment	Baixo	Alto
Giro de Inventário	Baixo < 7 giros	Alto > 10 giros
Flexibilidade	Baixa	Alta
Custos	Altos e crescentes	Baixos e decrescentes

Fonte: (DURAN e BATOCCHIO 2003 apud de BATOCCHIO E FRANCO, 2000).

Feld (2000) apresenta a manufatura enxuta composta por cinco elementos e descreve a necessária integração entre eles.

- Fluxo de produção: mudanças físicas e padrões de Layout das células de trabalho.

- Organização: identificação das funções de cada pessoa, treinamentos dos novos padrões de trabalho e comunicação.
- Controle de processos: monitoramento, controle, estabilidade e motivação para melhorias dos processos.
- Métricas: gestão a vista, medidas de desempenho, metas, melhorias e recompensas para as equipes de trabalho.
- Logística: definições para operar regras e mecanismos para planejamento e controle do fluxo de materiais.

## **2.3 Manutenção industrial**

### **2.3.1 A evolução da manutenção**

Como citado anteriormente, a manutenção iniciou-se a partir da necessidade das empresas em manter seus equipamentos em funcionamento. A primeira forma de manutenção foi a chamada “manutenção por quebra” (Breakdown Maintenance). Posteriormente iniciou-se o processo de manutenção, onde se tornava necessária a prevenção da quebra. Este modelo foi batizado pelos americanos de “manutenção preventiva” (Preventive Maintenance). Os japoneses despontaram nesta área e criaram várias outras ferramentas de auxílio à manutenção, como a manutenção corretiva, que atua na extinção da falha; a manutenção preditiva, que vem ao encontro da redução de custos dentro da manutenção preventiva. Neste caso, a redução ocorre com a maximização da utilização das peças que, simplesmente, eram trocadas na preventiva. E por ultimo e não menos importante destaca-se a TPM (Total Productive Maintenance) ou Manutenção Produtiva Total que, baseada em 7 pilares, prega uma filosofia que vai do simples 5S até a participação dos operadores de equipamento na manutenção de seus equipamentos (PALMEIRA e TENÓRIO, 2002).

#### **2.3.1.1 Tipos de manutenção**

Para KARDEC et al (2003) existem atualmente seis tipos básicos de formas de manutenção existentes e aplicáveis:

Manutenção Corretiva não planejada.

Manutenção Corretiva planejada.

Manutenção Preventiva.

Manutenção Preditiva.

Manutenção Detectiva.

Engenharia de manutenção.

#### 2.3.1.2 Manutenção corretiva

Segundo KARDEC et al (2003) manutenção corretiva podem ser divididos em duas classes.

Manutenção corretiva não planejada: é a correção da falha após um problema que afete, em parte ou no todo, a produção. Para XENOS (1998) este processo acarreta à empresa alto custo de manutenção dos equipamentos, mas a maior perda está relacionada a perdas de produção, qualidade e mão de obra parada.

Manutenção corretiva planejada: é toda a correção programada ou acompanhada através de métodos preditivos ou detectivos, até que a intervenção seja possível, sem afetar diretamente a produção. (KARDEC et al 2003).

#### 2.3.1.3 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é a manutenção realizada com a intenção de reduzir ou evitar a quebra ou a queda no desempenho do equipamento. Para isso utiliza-se um plano antecipado, com intervalos de tempo definidos, independente da real necessidade; a intenção é que os cuidados preventivos venham a evitar quebras ou falhas (KARDEC et al, 2003).

#### 2.3.1.4 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é aquela que visa realizar ajustes no maquinário ou no equipamento apenas quando eles precisarem, porém sem deixá-los quebrar ou falhar. Com um acompanhamento direto e constante, é possível prever falhas, saber quando será necessário fazer uma intervenção e, claro, entrar em ação. (KARDEC et al, 2003).

#### 2.3.1.5 Manutenção detectiva

Manutenção detectiva é efetuada em sistemas de proteção, buscando detectar possíveis falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Um exemplo é a

inspeção de botão de alarme de incêndio em um prédio. Caso este não esteja condizente com a sua função, ele pode falhar e causar sérios danos. (KARDEC et al, 2003).

#### 2.3.1.6 Engenharia de manutenção

Podemos dizer que a engenharia de manutenção tem como função deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de desempenho, retocar o projeto, desenvolver a manutenibilidade e interferir tecnicamente nas novas aquisições. Normalmente quem vive de manutenção corretiva não planejada, não terá tempo para fazer engenharia de manutenção. Mas possivelmente terá tempo para continuar com ações corretivas e convivendo com péssimos resultados. É necessário mudar, incorporar a preventiva, a preditiva e fazer engenharia de manutenção (KARDEC et al, 2003).

#### 2.3.2 Função estratégica da manutenção

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), manutenção é: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar função requerida”.

KARDEC et al (1998) definem manutenção: “Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados”.

A atividade de manutenção, comenta MARÇAL et al (2004), existe para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções nas quais foram projetadas. Porém a sua degradação é inevitável, pois são causados pelo tempo de uso e desgaste natural.

A manutenção pode desempenhar papel importante na melhoria da produtividade, melhorando sua forma de gerenciamento e evitando problemas de relacionamento entre os vários departamentos de uma empresa, deixando de ser visto como mal necessário (MARÇAL et al, 2004). Também temos a busca de melhores resultados e a redução de despesas constantemente, para poder sobreviver em um mundo em constante mudança. Para isso todos os setores, como a manutenção, deveriam ser parte da estratégia da empresa, pois a função manutenção está ligada diretamente à qualidade do produto, à disponibilidade e à confiabilidade.

FARIA (1994) nos diz que o principal objetivo de uma empresa é a obtenção de lucro, a diferença do dinheiro que entra e o dinheiro que sai, e que os setores que basicamente proporcionam a entrada de dinheiro são os de produção e marketing; os setores de manutenção e compras são responsáveis pela saída de dinheiro; isso é um fator de desprezo pela direção que não lhes dá a devida valorização, principalmente à manutenção.

A estratégia de manutenção é citada por KARDEC et al (1998) que nos fazem “pensar e agir estrategicamente, para que a atividade de manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo à excelência empresarial”.

Para KARDEC et al (1998) nos tempos atuais o departamento de manutenção não deve ser considerado como o departamento que realiza as manutenções e sim este deve trabalhar com um processo de desenvolvimento de estratégias de manutenção para que os equipamentos não quebrem.

Por que o departamento de manutenção deve ser considerado como parte dos processos estratégicos? KARDEC et al (1998) nos diz que o departamento interfere diretamente em vários pontos industriais como:

- Aumento da disponibilidade
- Aumento do faturamento e do lucro
- Aumento da segurança pessoal e das instalações
- Redução da demanda de serviços
- Redução dos custos
- Redução dos lucros cessantes

KARDEC et al (1998) citam que a empresa precisa identificar qual a função da manutenção dentro de alguns pontos, como faturamento e lucro da empresa; segurança da instalação; segurança das pessoas; preservação ambiental.

### 2.3.3 A Manutenção Descentralizada

O propósito do trabalho vem ao encontro de um dos pontos colocado por (HAYES e WHEELWRIGHT, 1985), sobre quatro papéis importantes da influência da manufatura sobre a competitividade. Uma das bases do trabalho é o quarto e último, que considera a função manufatura como a fonte principal do sucesso competitivo da empresa. Observa-se, neste estágio, que a manufatura passa a fazer parte explicitamente do planejamento estratégico da

empresa, buscando antecipar tendências na função manufatura (tanto estruturais quanto infraestruturais); desenvolve novas capacitações e utiliza-as antes da concorrência.

Segundo KATZ e KAHN (1978), numa empresa, a estratégia está relacionada ao método de utilizar adequadamente os recursos físicos, humanos e financeiros, tendo em vista a minimização dos problemas e o aumento das oportunidades. A estratégia deve ser sempre uma opção econômica e viável, quanto possível original, tornando uma das melhores armas de uma empresa para utilizar os seus recursos. Assim a empresa se torna altamente competitiva, supera a concorrência, reduz seus problemas e aproveita as oportunidades que podem aparecer.

Dentro deste enfoque de manufatura estão agregados os pontos de manutenção, neste caso descentralizada. O enfoque do trabalho mostrar como a manutenção descentralizada fará parte do contexto de estratégia industrial e como ela poderá auxiliar na estratégia.

O processo de manutenção existe em quase todos os lugares e empresas; pode ter vários modelos de processos, estruturas, gerencias, tipos de serviços e operações e principalmente processos de fabricação que se diferenciam entre si.

Como citado pelos autores, a manutenção deve ser uma função estratégica e principalmente considerada por todos da organização como tal. E dentro desta etapa, o processo de gerenciamento e estrutura do departamento deve ser levado em consideração para que se atinjam valores de crescimento e vantagem competitiva satisfatória e melhor que os concorrentes.

Para tal o processo de descentralização da manutenção deve ser muito bem estudado e apresentado de forma estruturada a toda a produção e à equipe de manutenção, onde se torna necessário acompanhamento das equipes, para que a resistência criada por qualquer tipo de mudança não comprometa o sucesso do projeto.

Através de um estudo de campo com empresas cadastradas em seu banco de dados, a ABRAMAN (2005) nos mostra, em seu relatório, o panorama das manutenções em empresas nacionais. Ponto importante neste relatório é a estrutura de subordinação dos departamentos de manutenção que, no ano de 2005 apresentou um percentual de 71,79% das empresas tem equipes gerenciadas por superintendentes e gerentes subordinados a direção de produção, apenas 28,21% são diretores independentes. Ver figura 3.

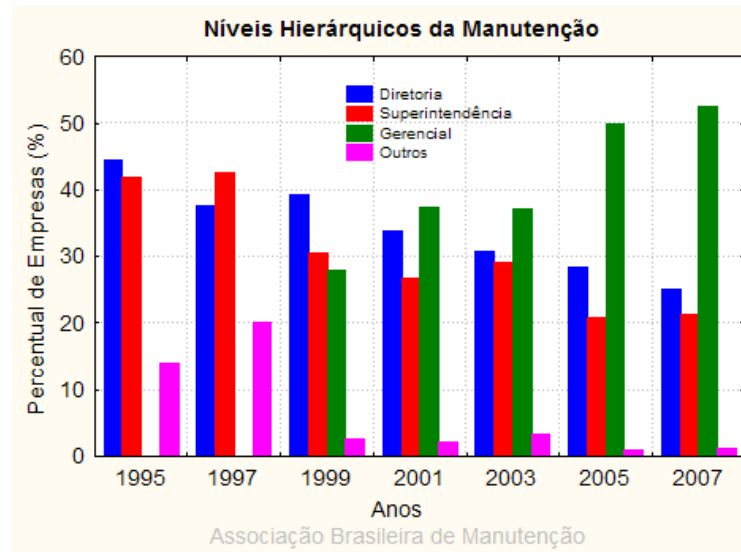


Figura 3 Nível hierárquico da manutenção (ABRAMAN 2007).

KARDEC et al (1998) citam; “o gerente da manutenção se reporta diretamente à gerência, superintendência ou diretoria da planta, unidade operacional ou unidade organizacional, ou seja, está ligado ao primeiro escalão gerencial”. Isso nos mostra que grande parte das unidades fabris brasileiras está, de alguma forma sendo subordinada à produção.

A forma de atuação do departamento de manutenção depende diretamente do tamanho de sua estrutura e da empresa. Isso implica estudar todas as formas que envolvem o departamento. Para isso é necessário avaliar a estrutura das unidades, da quantidade de pessoas e, assim, definir qual a forma de atuação.

TAVARES (1999) cita que a manutenção acaba sendo dividida como segue.

Centralizada: departamento de manutenção administrado por gerente responsável por todas as etapas de manutenção, engenharia de manutenção, manutenção predial, manutenção de linha (técnicos responsáveis pelos equipamentos de produção), manutenção preventiva e preditiva.

Descentralizada: departamento de manutenção está dividido em unidades fabris, que são independentes do departamento de manutenção, sendo administrados pela produção, utilizada em grande parte por empresas petrolíferas e mineradoras. A atuação é realizada em campo e as distancias são grandes.

Mista: é a união das duas formas de manutenção, centralizada e descentralizada. Em grande parte das empresas, a divisão se dá entre a engenharia de manutenção e a manutenção de linha; a administração de manutenção faz o gerenciamento da engenharia de manutenção, e a produção administra os técnicos de linha.



Dentro do mesmo relatório, a ABRAMAM (2005), apresenta as formas de atuação da manutenção, no qual destaca-se a forma descentralizada com aproximadamente 22% de crescimento, já na forma centralizada ocorreu uma redução de 13% e a forma mista não apresentou mudanças substanciais. Ver figura 4.

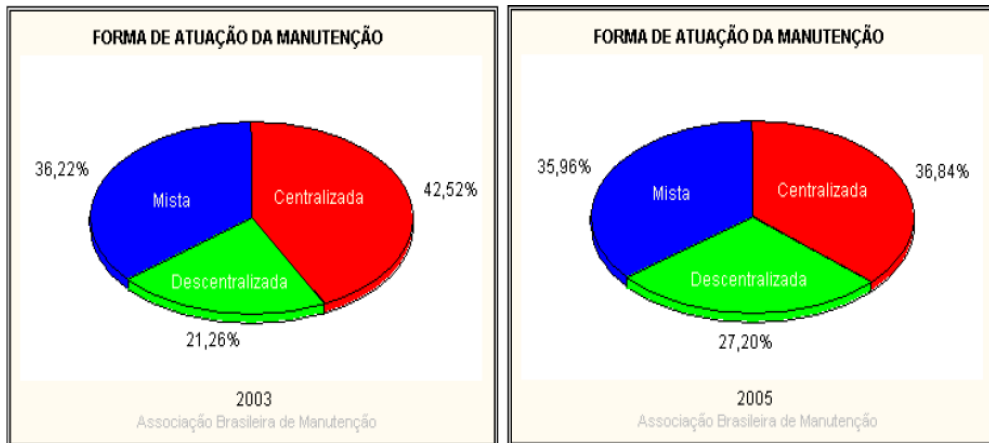


Figura 4 Formas de atuação da manutenção (ABRAMAN 2005).

A ABRAMAM também lançou o novo panorama de 2007, que mostra novamente evolução na forma descentralizada. Isso mostra como o processo de manutenção está evoluindo para um panorama diferenciado; tais dados podem ser observados na figura 5.



Figura 5 Fonte: ABRAMAM (2007).

A estrutura descentralizada tem como objetivo aproximar as equipes de manutenção com a produção, a redução de paradas de linhas, minimizar as distâncias entre unidades de produção, melhorar o relacionamento pessoal, quebrando a forma de departamentos, e é claro criando valor para a empresa.

KARDEC et al (1998) citam que, de modo generalizado, as empresas atuais buscam estruturas de manutenção mais enxutas. Entende-se que é necessário a eliminação de níveis de chefia; adotar polivalência tanto para área de operações como de manutenção; contratação de empresas parceiras; fusão de especialidades como elétrica, automação e eletromecânica. Estes fatores auxiliam em muito a redução da quantidade de mão de obra.

## 2.4 TPM

O TPM ou Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão, por volta de 1971, através do aperfeiçoamento de técnicas de manutenção preventiva, manutenção do sistema de produção, prevenção da manutenção e engenharia de confiabilidade, visando à falha zero e quebra zero dos equipamentos paralelamente com o defeito zero nos produtos e perda zero no processo (YOSHICAZEM, 2002).

As etapas a serem desenvolvidas na implementação do TPM compreendem atividade preparatória ao lançamento e execução dos pilares de melhorias individuais, manutenção autônoma, manutenção planejada, educação e treinamento e melhoria de projeto. Com o objetivo de ampliar a TPM para todos os departamentos e transformá-la em filosofia gerencial, a partir de 1989 foram adicionados os pilares de manutenção da qualidade, melhorias administrativas e segurança, saúde e meio ambiente (RIBEIRO, 2001).

A manutenção autônoma é uma estratégia simples e prática para envolver os operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção, principalmente na limpeza, lubrificação e inspeções visuais. (XENOS 1998).

O Pilar da Manutenção Autônoma tem sido ferramenta importante para alavancar os resultados na área de produção e consiste em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade, zelo pelos equipamentos, a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase inicial e até realizar pequenos reparos, ajustes, regulagens.

### 2.4.1 Fundamentos do TPM

O TPM é o resultado do esforço de empresas japonesas em aprimorar a manutenção preventiva, que nasceu nos Estados Unidos. Esse trabalho iniciou-se por volta de 1950 e, após 10 anos, o Japão evoluiu para o sistema de produção. Por volta de 1970, a Manutenção Produtiva Total foi também formatada no estilo japonês, através do aperfeiçoamento de técnicas de manutenção preventiva, manutenção no sistema de produção, prevenção da manutenção e engenharia de confiabilidade.

Com a criação de importante prêmio chamado Japanese Institute of Plant Maintenance, órgão responsável pela veiculação e implementação das atividades no Japão, a Manutenção Produtiva Total ganhou grande importância nas empresas como técnica para busca de melhor eficácia no relacionamento homem máquina. O primeiro prêmio foi concebido justamente em 1971, por uma empresa integrante do grupo Toyota (OLIVEIRA,

2001). Ao longo do tempo, outras indústrias japonesas, tais como: micro-eletrônica, máquinas operatrizes, plásticos, filmes, alimentícia, refinarias de óleo, químicas, farmacêuticas, gás, cimento, papel, siderúrgicas e tintas, também implantaram a Manutenção Produtiva total influenciada pelos resultados obtidos.

Dentro de processos de melhorias contínuas e a aplicação em massa dos modelos de produção Toyota na indústria, o modelo de TPM também vem sendo umas das ferramentas para o sucesso, sendo difundido em revistas, eventos e livros, mostrando os resultados alcançados e a transformação ocorrida nos meios de trabalho e na cultura industrial de produção.

#### 2.4.1.1 Conceitos

A tradução de TPM no Brasil tem-se mostrado diversificada; cada autor coloca de uma forma, mas as mais freqüentemente usadas são: Manutenção produtiva total e manutenção da produtividade total. A Manutenção Produtiva Total tem como característica um sistema que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento, onde participam a engenharia, produção e manutenção. Congrega a participação de todos os níveis hierárquicos da empresa e promove um processo motivacional na forma de trabalho em equipe.

Na visão de Takahashi & Osada (1993):

“No TPM a letra M reflete uma alteração e ampliação do conceito de manutenção na ordem descrita abaixo:

- Conceito primitivo: **M**anter e consertar o que quebrou.
- Conceito tradicional: **M**anter é conservar o estado dos equipamentos como na condição de novo. Esta prática não é suficiente para aumentar a receita da empresa.
- Conceito evoluído: **M**anter é conservar o nível máximo de produção. Conquistado pela maior integração entre as funções de operação e manutenção. Esta prática não é suficiente para gerar lucro.
- Conceito TPM fase 1: **M**anter é conservar o nível máximo da produtividade (receita /custo). Ainda não é suficiente para garantir a supremacia sobre os concorrentes.
- Conceito TPM fase 2: **M**anter é conservar o ritmo das melhorias, mudanças e transformações.

A letra T deriva da palavra total, apresenta os seguintes significados:

- Rendimento **T**otal dos equipamentos, proveniente da maximização do rendimento operacional global.

- Sistema **Total**, proveniente de enfoque global do envolvimento da engenharia, produção e manutenção.

- Abrangência de **todo** o ciclo de vida dos equipamentos, desde o projeto conceitual até sua desativação. Participação de **Todos**.”

Resumindo o TPM visa à maximização do rendimento operacional dos equipamentos. As etapas a serem desenvolvidas na implantação do TPM compreendem atividades preparatórias, lançamento e execução dos cinco pilares que obrigatoriamente apóiam-se esse programa.

#### 2.4.2 Manutenção Autônoma

**Conceitos:** Segundo Monchy (1989), “o termo manutenção tem sua origem no vocabulário militar, cujo sentido era manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante”.

A palavra **autônoma** significa **independente**. Manutenção Autônoma possui atividades dirigidas para o envolvimento de todos os operadores na **Conservação Espontânea** de suas máquinas, equipamentos e ferramentas.

A Manutenção Autônoma é uma das partes mais visíveis da Manutenção Produtiva Total, onde o impacto visual e as mudanças no ambiente de trabalho são percebidos com o aumento do comprometimento dos Operadores e Manutentores.

A Manutenção Produtiva Total propõe a atividade da manutenção produtiva com a participação de todos os funcionários da empresa, desde o nível de presidente até o de operário, mesmo com envolvimento diferenciados.

Segundo Ribeiro (2001), “a manutenção autônoma consiste em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase incipiente...” A Manutenção Autônoma transforma o equipamento em um meio de ensinar aos operadores uma nova maneira de pensar e trabalhar.

Se, de um lado, a inspeção diária por parte do inspetor é um passo fundamental para se ter melhor manutenção da máquina, a limpeza das máquinas também se liga à atividade de inspeção e forma a base para Manutenção Produtiva Total (TPM). Estas, segundo Mirshawka (1991), é “uma atividade na qual se busca o envolvimento total do empregado na busca de um desperdício mínimo nas operações de manutenção”.

Os objetivos da Manutenção Autônoma são: treinar operadores, para detectar falhas, capacitando-os a entender os objetivos, funções e estrutura dos equipamentos; podem, assim, operá-los corretamente e eliminar falhas, treinar operadores para manter seus equipamentos nas melhores condições e discipliná-los a seguir os procedimentos operacionais.

#### 2.4.2.1 Falha e Quebra do Equipamento

As atividades de Manutenção Autônoma são fundamentais para evitar a falha e, conseqüentemente, a quebra do equipamento. Tanto as falhas quanto as quebras significam perdas para o processo produtivo e devem ser evitadas, quer seja por prevenção, quer seja por monitoramento adequado do nível de desgaste de componentes estratégicos do equipamento.

Existem perdas esporádicas, devido a acidentes; porém existem também perdas crônicas, que são aquelas de difícil combate e que, para serem eliminadas, necessitam da introdução de melhorias. Essas perdas causam o prejuízo operacional global e geram produtos defeituosos.

A continuidade das perdas crônicas ocorre devido a: resultados insatisfatórios após a adoção de algumas medidas corretivas; impossibilidade de adoção de medidas corretivas devido à programação de produção; não adoção de medidas corretivas por não estar havendo o levantamento de prejuízos e desconhecimento da existência da perda.

De acordo com Yoshikazem (2002),

*“... a investigação das relações entre as causas de falhas é muito demorada ou ocorre um número muito grande de avarias abruptas, para que se dedique atenção à manutenção planejada”.*

Outros fatores importantes são as falhas invisíveis, cujo conhecimento é de grande importância, pois normalmente não são computadas nos históricos dos equipamentos. Por serem desconhecidas, não são consideradas inconveniências, como, por exemplo: falhas somente detectáveis no equipamento desmontado; falhas difíceis de serem visualizadas, devido ao posicionamento inadequado; falhas impossíveis de serem visualizadas, devido à sujeira e detritos. Podem ainda ocorrer por questões psicológicas, tais como: falta de consciência, indiferença, falhas despercebidas e falhas não consideradas por serem enquadradas como desprezíveis.

#### 2.4.2.2 A Reestruturação da Manutenção e o TPM

A manutenção tem o papel de detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos ou perdas. O objetivo principal é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção.

Normalmente, segundo Ribeiro (2002),

*“...quando se fala em manutenção autônoma nas empresas, há uma tendência em acreditar que as atividades de manutenção serão repassadas para os Operadores. Isto não é verdade. À medida que se implanta a manutenção autônoma, a equipe de manutenção passa a se concentrar em tarefas que exigem maior especialização.”*

A Manutenção Produtiva Total é um conceito de trabalho que quebra o paradigma que, durante décadas, imperou nas indústrias: um operador de máquinas e equipamentos somente opera máquinas e equipamentos.

A partir da implantação dos conceitos de TPM, o operador de máquinas e equipamentos também se torna capacitado a executar manutenções mecânicas e elétricas, sendo capaz de perceber alterações no equipamento, antes que este quebre, minimizando o tempo de parada de máquinas para manutenções corretivas, aumentando o seu tempo produtivo (RIBEIRO, 2002).

Os conceitos que norteiam a TPM tornam o operador polivalente, ou seja, ele é capaz de operar diversas máquinas e equipamentos, bem como de mantê-los limpos e em funcionamento, auxiliando o pessoal de manutenção da fábrica em suas tarefas. Isto ocorre por meio da melhoria de tecnologias, habilidades da manutenção e da melhoria do equipamento, promovida pelo suporte dado pelos pilares de Manutenção Autônoma e pela implementação de um programa de manutenção preventiva, incluindo a manutenção preditiva.

De acordo com Yoshikazem (2002):

*“... a qualidade da manutenção deve garantir a qualidade do próprio trabalho. Para conseguir isso, os membros da equipe de manutenção devem ter uma noção de responsabilidade e considerar métodos para preparação, execução e validação de seu próprio trabalho. ”*

A manutenção poderá reestruturar-se, a partir da análise dos regimes que melhor se adaptem aos equipamentos, que são:

- a manutenção baseada no tempo (verificação diária, verificação, inspeção e serviços periódicos);

- a manutenção baseada nas condições do equipamento, através de diagnósticos de equipamentos rotativos e estáticos.

Com a reestruturação da manutenção, não só as empresas como também os fabricantes devem adaptar-se.

*“A exigência de alta produtividade terá como consequência um retorno mais acentuado de informações do usuário para o fabricante, obrigando este a conceber equipamentos isentos de falhas ou onde as eventuais falhas tornem mínimas as consequências, isto é, permitam rápida eliminação...”*  
(MIRSHAWKA, 1991).

Além da mudança no setor, ocorrem também mudanças no íntimo de cada operador. No início da implantação da Manutenção Autônoma, muitos operadores podem até protestar que a manutenção não é sua responsabilidade ou, ainda, que é um desperdício de tempo, visto que as máquinas ficarão sujas de qualquer maneira ou, ainda, que é melhor aumentar a produção do que perder tempo limpando as máquinas. Porém como nos mostra Mirshawka (1991):

*“... à medida que as rotinas de limpeza forem sendo estabelecidas, e os operadores desenvolverem a aptidão para perceber as condições anormais, eles se sentirão recompensados por estarem cuidando das suas máquinas”.*

## **2.5 Indicadores de Desempenho**

O início de sua utilização se dá com a necessidade dos novos sistemas de produção, desenvolvidos principalmente pela Toyota Motors nos anos 60, que precisava monitorar o seu sistema produtivo, buscando a redução de desperdícios e a produção enxuta. Para Ohno (1997) o foco deste sistema contempla a redução de desperdícios e a melhoria contínua, principalmente no ambiente da qualidade e da gestão do processo. Como exemplo, pode-se citar: Tempos de setup, satisfação do cliente, inventário de estoques, controle de refugos e retrabalhos e principalmente tempos de produção.

Gonçalves (2002) ressalta que todas as empresas, de modo geral, necessitam de um sistema de avaliação de desempenho, uma vez que a realização contínua do processo de avaliação permite que a empresa conheça a eficiência e a eficácia de suas ações, bem como o comportamento das pessoas, os processos e os programas da organização.

De acordo com Rodrigues et al (2003), os sistemas de indicadores de desempenho são o ponto de partida para qualquer ação de melhoria empresarial. Para os autores, o sistema de indicadores da empresa deveria ser objeto de planejamento, de modo a cobrir todos os

aspectos relevantes para a gestão, garantir sua coerência, bem como sua perfeita adequação aos interesses da organização.

Segundo MacArthur (1996), os indicadores de desempenho são a quantificação de como estão sendo feitas as atividades da corporação, com o propósito de validar e comparar com as metas estabelecidas.

Para Rodrigues et al (2003), os indicadores de performance são fluidos que permitem um acompanhamento das principais variáveis da empresa e possibilitam o planejamento de ações visando às melhorias de desempenho.

Já para Neely et al. (1996), indicadores de performance são os meios utilizados para quantificar a eficiência e a eficácia de uma tomada de decisão feita pela corporação.

Para Miranda e Silva (2002), os indicadores de desempenho desejáveis estão relacionados à definição das medidas que, de fato, devem ser consideradas, onde devem ser identificados os atributos de desempenho relevantes que serão adotados como referência de avaliação.

Ron (2005) defende que a grande importância de medir e controlar através dos indicadores de desempenho para promover um crescimento ou melhoria nos processos por eles mostrados, como, por exemplo, o controle de sucata e retrabalho de uma empresa, nestes dois casos a sua redução representa economia de dinheiro.

Zilber e Fischmann (2002) garantem que os indicadores de desempenho proporcionam a validação das propriedades das decisões tomadas pelas empresas. Caso apresente uma disparidade do objetivo pode-se então corrigir e readequar o processo vigente em questão.

Para SINK & TUTTLE (1993) os indicadores devem proporcionar medidas que gerem informações. Tais informações, por sua vez, devem ser capazes de oferecer possibilidade de melhorias.

Buscando este enfoque, tem-se como objetivo suscitar os principais indicadores de manutenção que possam criar este ambiente de melhoria contínua.

A importância dos indicadores de produtividade se reflete na manutenção industrial, onde as quebras de máquinas interferem nestes diretamente e a disponibilidade dos processos produtivos é o grande objetivo de qualquer departamento de manutenção.

Segundo Miranda et al (2001), a literatura tem mostrado que, no passado, as empresas tomavam decisões baseadas apenas em informações financeiras, obtidas através da contabilidade das empresas. Atualmente, as tomadas de decisões envolvem maior número de variáveis, exigindo grande preocupação dos gestores com indicadores como: satisfação de



clientes, qualidade dos produtos, participação no mercado, retenção de clientes, fidelidade dos clientes, inovação, habilidades estratégicas, entre outros.

Embora as medidas financeiras tenham sofrido críticas de estudiosos dedicados a esta temática, elas não devem ser esquecidas na avaliação de resultados e desempenhos, pois são capazes de fornecer evidências concretas dos efeitos de todas as outras medidas.

Será comentado posteriormente como a manutenção não era considerada um departamento estratégico para as corporações, justamente por ser um departamento que não gerava bens, apenas criava despesas.

Utilizando uma base de definições de autores, Rosa (1996) formulou uma tabela de consolidação destas definições que relaciona exemplos de indicadores aos parâmetros de desempenho, como se pode ver na tabela 5.

Tabela 5 Exemplo de Indicadores Adaptado de Rosa (1996)

Parâmetros de desempenho	Indicadores Associados
Eficiência	Tempo de máquina parada Prazo de entrega médio Utilização de espaço Horas planejadas/horas trabalhadas Custo previsto/custo obtido
Eficácia	Número de falhas dos cronogramas Participação de mercado Faturamento obtido/faturamento previsto
Produtividade	Lead-Time do processo Vendas por período Faturamento /custos Quantidade produzida por homem-hora
Qualidade	Índice de rejeição Número de reclamações de cliente Quantidade de retrabalhos
Qualidade de vida no trabalho	Absenteísmo Nº de reivindicações de funcionários Nº de acidentes de trabalho
Inovação	Nº de novos procedimentos adotados Economia de tempo Economia de custos
Lucratividade	Lucro (percentual do capital empregado) Lucro (percentagem de vendas) Lucro por empregado

Os indicadores de manutenção estão envolvidos em cada área dos parâmetros de desempenho, formulada na tabela 3. Para isso Xavier (2008) nos diz que os indicadores de desempenho, voltados à manutenção, devem tornar claros os objetivos estratégicos,

proporcionando uma leitura nítida de como estão os resultados e comparar estes com as metas estabelecidas e com isso identificar os problemas para buscar as soluções.

Dirigindo o foco para a função manutenção, podemos afirmar que os indicadores de desempenho nos permitirão gerenciar a manutenção de modo eficaz, em sintonia com os objetivos estratégicos da empresa.

Wireman (2007) também apresenta uma serie de indicadores em níveis diferenciados, como podemos perceber na figura 6. O primeiro nível de indicadores são os indicadores de níveis corporativos; em segundo os indicadores de desempenho financeiros; em terceiro nível os indicadores de eficiência e eficácia da corporação que afetam diretamente os indicadores financeiros; em quarto estão os indicadores táticos que afetam diretamente os indicadores de eficiência e eficácia; em quinto lugar estão os indicadores funcionais por si só.



Figura 6 Níveis de Indicadores adaptado de Wireman (2007)

Dentro de cada nível destes, existem indicadores que interferem diretamente na qualidade do serviço prestado pela manutenção, interferindo e manipulando cada etapa do processo, desde processos gerenciais até investimento em equipamentos. Por isso Wireman (2008) nos diz: “*A Gerência da manutenção é o gerenciamento de todos os ativos adquiridos pela empresa, baseada na maximização do retorno sobre o investimento nos ativos*”.

Com isso Xavier (2008) desenvolve uma série de atividades que interferem diretamente neste gerenciamento de manutenção.

Distribuição da atividade por tipo de manutenção – corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

Estoque de materiais e política de sobressalentes.

Coordenação e Planejamento da Manutenção –Ordens de Trabalho.

Treinamento e Capacitação.

Resultados Operacionais – disponibilidade e confiabilidade – perdas.

Custos e Resultados.

Resultados particulares em Preventiva, Preditiva, Detectiva e Engenharia de Manutenção.

Paradas de manutenção – grandes serviços.

Programas ligados à melhoria e bem estar dos funcionários – Moral.

Segurança no Trabalho.

Distribuição da atividade por tipo de manutenção corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

Esse indicador revela qual o percentual da aplicação de cada tipo de manutenção que está sendo desenvolvido.

Paradas de equipamento causadas por falhas não previstas

**PNP = Horas paradas por falha não previstas de equipamentos**

**Total de horas paradas**

Este é um indicador da eficácia do acompanhamento preditivo e do acerto do plano de manutenção preventiva da empresa. Quanto maior o seu valor, menor o acerto, ou seja, maior o número de horas paradas por falhas não previstas.

Para Xavier (2008), atualmente a grande virtude da manutenção não é reparar os equipamentos de modo rápido, mas prever e evitar as falhas dos equipamentos e instalações.

*Total de HH gastos em reparos de emergência:* É outra maneira de avaliar o acerto da política preventiva e preditiva da manutenção. Reparos em emergência são definitivamente indesejáveis. Quanto menor esse indicador, maior deverá ser a confiabilidade da instalação.

**HHE= Homens Hora gastos em reparos de emergência**

**Total de homens hora aplicado**

Total de horas paradas por intervenção da Preventiva: Este indicador permite uma avaliação de quanto o programa de manutenção preventiva influi nas horas paradas de equipamentos na planta. Pode ser avaliado em função do total de horas paradas ou relacionado também com interferências ou perdas na produção pela necessidade de intervenção para o cumprimento do plano de preventiva.

**PIP = Horas Paradas por Intervenção**

**Total de horas paradas**

Cumprimento dos planos de manutenção preventiva e preditiva

**MP= Tarefas realizadas no programa de Manutenção Preventiva**

**Tarefas programadas no programa de Manutenção Preventiva**

De modo similar, podem ser analisada a Manutenção Detectiva ou descer a detalhes em outras atividades como lubrificação, aferição e calibração, etc.

Em relação à Engenharia de Manutenção é importante uma apropriação de quanto se tem dedicado e um acompanhamento que permita traduzir os ganhos obtidos pela determinação da causa dos problemas. Afinal esse esforço objetiva melhorar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos.

**Coordenação e Planejamento da Manutenção – Ordens de Trabalho – CMMS**

O sistema de planejamento e controle da manutenção, considerado aqui o dia-a-dia, é o centro de recepção, organização e distribuição dos serviços. A otimização na aplicação dos recursos está intrinsecamente ligada a essa área.

O planejamento e controle da manutenção são, atualmente, realizados através dos inúmeros softwares disponíveis no mercado e que são conhecidos como CMMS – Computer Maintenance Management Systems.

*Back Log (carga futura de trabalho):* O Back Log ou simplesmente a carga futura de trabalho, indica quantos homens hora ou quantos dias, para aquela determinada força de trabalho, serão necessários para executar todos os serviços solicitados. A literatura internacional considera que o back-log não deve ser superior a 15 dias.

**BackLog= Total de HH necessários para executar os serviços**

**Total de HH disponíveis para executar os serviços**

Alocação por tipo de serviço, por prioridade e por especialidade. É importante definir a prioridade ou característica da Ordem de Trabalho : Emergência, Urgência, Normal, Data Marcada

### 2.5.1 Coordenação e Planejamento da Manutenção – Indicadores Chaves

#### Tempo Médio Entre Falhas

MTBF ("Mean Time Between Failures") ou tempo médio entre falhas é um valor atribuído a um determinado dispositivo ou aparelho, para descrever a sua confiabilidade. Este valor atribuído indica quando poderá ocorrer uma falha no aparelho em questão. Quanto maior for este índice, maior será a confiabilidade no equipamento e, conseqüentemente, a manutenção será avaliada em questões de eficiência.

Este valor é dado pelo fabricante da peça nas suas especificações técnicas e indica, que de acordo com o procedimento de testes usado, qual o tempo médio entre falhas daquele produto ocorrido nos laboratórios do fabricante. Este tempo normalmente é dado em horas, mas não se trata de uma previsão de quando o dispositivo irá falhar.

O cálculo do MTBF é feito da seguinte forma:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somatório de tempos de bom funcionamento}}{\text{Numero de intervalos observados}}$$

#### Tempo Médio de Reparo

Segundo a Abraman (2009) TMPR é a média aritmética dos tempos de reparo de um sistema, de um equipamento ou de um item.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somatório de tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções observadas}}$$

#### Disponibilidade

Segundo a Abraman (2009) disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e do suporte de manutenção. Os recursos externos requeridos devem estar assegurados.

Uma vez que tenhamos os valores do MTBF e do MTTR, podemos calcular a disponibilidade que é dada pela seguinte relação:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100(\%)$$

Produtividade

O indicador clássico de produtividade é o seguinte:

$$\text{Produt} = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Jornada de trabalho}} \times 100(\%)$$

Obviamente esse indicador pode ser aplicado a um indivíduo, a uma equipe, a um setor/departamento ou à toda manutenção.

A produtividade pode estar ligada também à capacitação ou habilidades incorporadas por meio de treinamento aos executantes e supervisores. Nesse aspecto, os supervisores e engenheiros devem estar atentos para que as baixas de produtividade, decorrentes da falta de capacitação, sejam sanadas. Essa medição não costuma ser fácil; entretanto alguns autores preconizam um indicador como o mostrado a seguir:

$$\text{Produtividade/Treinamento} = \frac{\text{Perdas de tempo ocasionadas por falta de treinamento}}{\text{Tempo total de trabalho}}$$

Resultados Operacionais – Confiabilidade

Os resultados operacionais são extremamente dependentes da eficácia da manutenção. Quanto maior a disponibilidade, maior poderá ser a produção; quanto mais confiáveis são os equipamentos, maior será a certeza de produzir bens dentro das especificações.

$$\text{Falhas repetidas} = \frac{\text{Numero de falhas repetidas}}{\text{Total de falhas no equipamento}} \times 100(\%)$$

Moral

De modo geral, os indicadores mais utilizados para verificação do moral do pessoal são o absenteísmo, a maior incidência de licenças médicas e aspectos relacionados ao atraso ou saídas antecipadas.

Segurança

A segurança das pessoas e instalações é obrigação primordial das gerências, da supervisão e dos próprios executantes ou operários.

Alguns dos indicadores clássicos, ligados à segurança pessoal são:

Nº total de acidentes

Nº total de acidentes com afastamento

Nº total de acidentes sem afastamento

Taxa de frequência de acidentes

### 2.5.2 OEE

Já o OEE (Overall Equipment Effectiveness) é considerado como a chave para a aplicação do TPM, basicamente monitorando a atual performance das disponibilidades de equipamento e da produtividade. (POMORSKI, 1997).

OEE foi definido para o controle de processos industriais na área de semicondutores, buscando auxiliar os gerentes a entender as perdas de capacidade de produção e a guiá-los na busca da retomada dos índices perdidos Santos et al (2007; apud de Chakravarthy 2007).

“OEE oferece uma ferramenta de medida para avaliar o equipamento, métodos de ação corretivos e assegurar a melhoria de produtividade permanente. Baseado em diretriz de SEMI E10, OEE separa produtividade de equipamento em três categorias de ação corretivas básicas: disponibilidade, desempenho e qualidade”. (SEMI 1996).

SEMI (1996) apresenta uma fórmula para o cálculo de OEE:

$$\text{OEE\%} = \text{Disponibilidade} \times \text{Taxa de performance} \times \text{Taxa de qualidade} \times 100.$$

Disponibilidade = Tempo real de produção pelo tempo estimado de produção

Taxa de performance = Velocidade de produção real dividida pela velocidade de produção estimada.

Taxa de qualidade = Quantidade de peças boas divididas pela quantidade de peças não conformes (sucata e retrabalho).

Uma forma de melhorar estes indicadores e buscar a integração com o fornecedor de equipamentos, para que ele atue em conjunto com a equipe da empresa na solução dos problemas e para realizar um crescimento da produção. (SEMI 1996).

Freck (2000) apresenta que são necessárias seis etapas para a aplicação do OEE e para que ele apresente resultados, que segue.

Etapa 1: Calcular o OEE atual e coletar os dados – Esta etapa promove a aplicação de um indicador macro de desempenho de ferramenta nivelado, que pode ser usado para mostrar as oportunidades globais de melhorar o desempenho dos equipamentos atuais e também olhar para o sistema com os dados atuais para ver como as perdas de TPM podem ser coletadas.

Etapa 2: Criar um mapa de desperdícios – Esta etapa cria o mapa de desperdícios através dos dados coletados na etapa 1, apresentando nove categorias de grandes perdas.

Etapa 3: Determinando os temas de melhoria – Analisar o mapa de desperdícios e determinar quais serão os pontos a serem resolvidos.

Etapa 4 e 5: Analisar a causa raiz e determinar a melhoria – Utilizando métodos de resolução de problemas para determinar a causa raiz e sua solução.

Etapa 6: Implementar o plano – Implementar as soluções e continuar a monitorar.

Após a aplicação destas seis etapas Freck (2000) ainda cita a necessidade de ampliar os horizontes e estender o mesmo plano a equipamento semelhante; no caso de tecnologias parecidas, criar um novo mapa.

#### 2.5.2.1 Benefícios apresentados no grupo SEMATECH

Segundo SEMI (1996) os benefícios apresentados pelo OEE em suas aplicações no grupo da empresa são:

- Maximização da disponibilidade do equipamento, da eficiência de performance e dos níveis de qualidade.
- Aprimoramento da equipes de trabalho na planta industrial, para que elas promovam a melhoria na gestão e na eficiência.
- Melhoria nas habilidades de manutenção dos operadores, da manutenção, dos técnicos, e dos engenheiros.
- Melhoria nos níveis de qualidade para redução dos efeitos de sucata e retrabalho.
- Melhoria nos equipamentos gargalos de produção, propiciando melhoria na capacidade, e minimizando as redundâncias.
- Foco na ação corretiva e na busca de fontes para identificar os problemas de equipamento. Redução constante dos problemas de equipamentos para redução dos custos de reparo e aumento da produção.
- Maior produtividade da equipe de monitoração dos fornecedores na busca de soluções para as paradas recorrentes.
- Menor frequência de reparo de equipamentos, menor tempo de reparo, menor quantidade de peças em estoque, baixo custo de serviço.
- Necessidade reduzida de pessoas para reparo de equipamentos.



- Crescimento nos níveis de produção reduzindo o WIP (work in process), reduzindo custos de inventario.
- Maior cooperação entre produção e manutenção no zelo pelos equipamentos, onde partes das preventivas são realizadas pela produção.
- Crescimento do conhecimento das equipes de manutenção, que podem analisar causas e tomar ações.

#### 2.5.2.2 Como calcular OEE.

Como citado anteriormente a formula de OEE:

$$\text{OEE\%} = \text{Disponibilidade X Taxa de performance X Taxa de qualidade X 100.}$$

Disponibilidade

$$\text{Disp} = \frac{\text{Tempo total} - \text{tempo ocioso X 100}}{\text{Tempo Total}}$$

Tempo ocioso é a soma de todo o tempo ocioso programado + tempos ociosos não programados (quebra de equipamento) + tempos de produção não programados (feriados, paralisações etc.)

Taxa de performance

Taxa de performance ou chamada de velocidade pode ser calculado pela expressão abaixo:

$$\text{Perf} = \frac{\text{produção total X ciclo padrão}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

Taxa de qualidade

$$\text{Qual} = \frac{\text{Total de produção} - \text{produtos defeituosos}}{\text{Total de produção}}$$

Produtos defeituosos devem ser considerados todos aqueles que foram retrabalhados e sucateados.

## 2.6 BPM Gestão do Processo de Negócio

O processo de negócio e seus projetos ganharam importância desde o início dos anos 90. A habilidade em simplificar um processo desse tipo, de forma eficiente e flexível, é o fator de sucesso mais difícil de ser alcançado pelas companhias atualmente. Para tal, criou-se a necessidade de desenvolver técnicas e ferramentas adequadas para identificar, analisar e simular processos de negócios. Pádua et al (2004, apud de Desel & Erwin, 2000).

Também nos últimos anos, tem-se discutido muito sobre a questão da importância. McGovern (2004) cita que o grande sucesso do BPM foi motivado por duas áreas: vendas/marketing e engenharia industrial.

Mas, principalmente na virada do século, surgiu uma terceira grande onda sobre visão de processos, chamado BPM: Gerenciamento de processo de negócios. Antes desta, existiam outras duas baseadas em criar muito bem processos; primeiramente vem o sistema Kaizen com uma série de ferramentas, buscando o zero defeito. Posteriormente, já no início dos anos 90, inicia-se a aplicação de sistemas computadorizados para o controle e melhoria nos processos, tal ferramenta alavancada pelos processos de TI foi chamada de ERP.

Para Smith; Fingar (2003) os sistemas BPM buscam as melhorias, as habilidades para mudar processos e não buscam habilidades em criá-los, devido à necessidade de monitoração de toda a cadeia de valor, para melhorar e aperfeiçoar. O BPM considera o fluxo de processo como necessidade (AALST, 2003).

Para Baldam et al, (2007) os processos BPM são hoje considerados disciplina que exigem:

- Elementos para colocar em prática tudo o que foi planejado.
- Um método sistêmico e confiável de análise do impacto do processo de negócio e da introdução de inovações.
- Modelo de execução de processos que sejam alinhados à estratégia da organização, que reflitam a complexidade de suas atividades diárias e que facilitem a análise, transformação e mobilização das equipes.
- O gerenciamento de um portfólio de processos de negócios voltado não apenas para as necessidades atuais dos clientes, mas para a alteração constante dessas necessidades.
- Habilidade para responder as alterações no mercado e para combinar e customizar processos.

- Melhor compreensão da trajetória estratégica da organização.
- Transformar a empresa em permanente laboratório de processos, habilitando inovações e transformações.

A utilização do BPM, ao longo dos últimos anos, vem crescendo de forma bastante significativa, dada a sua utilidade e rapidez com que melhora estes processos nas empresas, onde foi implementada. A sua perspectiva de crescimento é muito grande, visto que ainda é conceito pouco conhecido, principalmente no Brasil.

O termo 'processos operacionais' se refere aos processos de rotina (repetitivos) desempenhados pelas organizações no seu dia-a-dia, ao contrário de 'processos de decisão estratégica', os quais são desempenhados pela alta direção. O BPM difere da remodelagem de processos de negócio, uma abordagem sobre gestão bem popular na década de 90, cujo enfoque não eram as alterações revolucionárias nos processos de negócio, mas a sua melhoria contínua.

Que é um Processo de Negócio (Business Process)?

Para Burlton (2001) o termo processo ou processo de negocio são seqüências e passos lógicos que têm como entrada uma série de espécies de materiais ou informações e os transformam em saídas e resultados.

Para Davenport (1994) processos é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo, com começo, fim e entradas e saídas claramente identificados.

Já na NBR ISO 9000 (2000) processo significa um conjunto de atividades inter-relacionadas que transformam insumos em produto.

Criando uma síntese, o processo de negócio pode ser caracterizado como conjunto de tarefas que envolvem pessoas e recursos, para que se possa atingir um objetivo previamente traçado. Como resultado deste, é gerado um produto ou serviço que vai ao encontro dos desejos dos clientes. Muitas empresas não dão a importância devida a estes processos, o que se caracteriza em um grande erro, uma vez que estes são cruciais à sua sobrevivência.

Adicionalmente, as ferramentas denominadas sistemas de gestão de processos do negócio monitoram o andamento dos processos de uma forma rápida e barata, que os gestores possam analisar e alterar processos com base em dados reais e não apenas por intuição.

Assim, estas pessoas de altos cargos podem enxergar, por exemplo, onde estão os gargalos, quem está atrasando a sua tarefa, quanto está atrasando e com que frequência isso ocorre, o percentual de processos concluídos e em andamento, entre outros. Como consequência disto, fatores cruciais para o bom desempenho de uma empresa podem ser analisados com extrema facilidade e rapidez.

Além disso, as pessoas participantes do processo também são beneficiadas, com o BPM, elas têm o seu trabalho facilitado, uma vez que recebem tarefas e devem simplesmente executá-las, sem preocupar-se para onde devem enviá-la, por exemplo, dado que o processo já foi desenhado e todas as possíveis situações de seguimento deste já estão registradas. Além disso, podem enxergar como foi o caminho realizado até a sua atividade e em que status está. Os softwares responsáveis pela automação destas atividades são chamados de Business Process Management Suites, ou BPMS.

Outra visão sobre BPM: O Business Process Management, Gestão por processos de negócios, tem como objetivo prover o alinhamento dos processos de negócios com a estratégia (os processos são a execução da estratégia), os objetivos e a cadeia de valor das organizações (REIS 2003).

Fazem parte da Gestão por Processos de Negócios as melhores práticas de gestão, como: a descoberta ou mapeamento dos processos, a modelagem, a definição do nível de maturidade, a documentação, o plano de comunicação, a automação, monitoramento através de indicadores de desempenho e de indicadores de qualidade e ciclo de melhoria continua (Gestão de Processos -A gestão de processos tem objetivo fazer o ciclo de melhoria continua nos processos para se atingir a excelência operacional)

Essas práticas aplicadas ajudam a maximizar os resultados e a performance dos processos. Assim fazem que as organizações tenham melhores resultados financeiros, vantagem competitiva, redução de custos, otimização de recursos, aumento da satisfação dos clientes, pois produtos e serviços têm nível melhor de qualidade.

Um processo de negócio pode ser caracterizado como um conjunto de tarefas que envolvem pessoas e recursos, para que possa atingir um objetivo previamente traçado. Como resultado deste, é gerado um produto ou serviço que vai ao encontro dos desejos dos clientes. Muitas empresas não dão a importância devida a estes processos, o que caracteriza grande erro, uma vez que estes são cruciais à sua sobrevivência.

Uma das vertentes do BPM tem grande foco voltado para pessoas (human-centric), sendo estas o centro dos processos de negócio. Alguns BPMS vêm seguindo esta corrente, buscando oferecer aos usuários maior facilidade e flexibilidade no uso, o que torna a experiência mais agradável, com ferramentas simples e intuitivas.

A automação de processos de negócio é prática extremamente eficaz. Quando se automatizam processos, rapidamente é possível obter controle mais rígido e adaptado às necessidades da empresa. É realizada pelos BPMS (Business Process Management Suites) com baixo custo. Algumas empresas comercializam os Suites por processos, e não pelo pacote

completo, o que a torna ainda mais acessível. Através da automação, um serviço melhor é oferecido ao cliente, dada a rapidez e organização que a empresa passará a apresentar. Além disso, terá seus custos reduzidos.

A modelagem de processos é feita no próprio BPMS. Alguns destes seguem a notação mais usada atualmente, o BPMN (Business Process Modeling Notation). Esta notação trata de uma série de ícones padrões para o desenho de processos, o que facilita o entendimento do usuário. A modelagem é etapa importante da automação, pois nela os processos são descobertos e desenhados. É nela também que pode ser feita alguma alteração no percurso do processo visando a sua otimização.

Após o desenho e o estabelecimento dos usuários responsáveis pela conclusão de cada tarefa, pode ser feita uma simulação, onde se pode testar se as regras pré estabelecidas estão de acordo com o objetivo da empresa e se as tarefas estão sendo encaminhadas para as pessoas corretas.

A execução do processo ocorre após as etapas anteriores terem sido realizadas. O BPMS utilizado faz com que as tarefas sejam enviadas para os seus devidos responsáveis, controlando o seu tempo de execução por pessoa e pelo processo em geral. Podem ser utilizadas também regras de negócio (Business Rules) pré-estabelecidas.

O controle ideal de BPM é aquele que está presente durante todas as etapas do processo: antes, durante e depois. Desde o início da modelagem até a análise pós-conclusão da execução, o controle deve ser realizado. Um tipo de controle que existe em alguns BPMS são relatórios de fluxos em andamento, onde é fornecido o status do fluxo, com quem está parado, há quanto tempo está parado etc. Isso é importante para evitar que os erros sejam encontrados somente quando o processo é concluído. Há também relatórios de fluxos concluídos, onde se pode ter uma noção geral de como se desenvolveu o processo. Alguns softwares apresentam gráficos e relatórios com muitos detalhes dos processos.

A otimização tem crucial importância, quando se trata de BPM. É essencial para que sejam feitas melhorias nos processos de modo a alcançar resultados positivos mais rapidamente, melhorando o serviço aos clientes e, possivelmente, com menores custos. Depende, obviamente, das etapas anteriores, principalmente do controle, onde deve haver uma busca pela perfeição.

O BPM, cada vez mais adaptado à realidade das empresas e de seus processos, deve ter significativo crescimento nos próximos anos, fazendo com que processos de inúmeras empresas obtenham melhorias, gerando melhores resultados e maior satisfação dos clientes.

### 2.6.1 Fatores críticos de sucesso em implantação de BPM

Observando que grande quantidade de autores cita em seus trabalhos uma série de fatores que auxiliaram e foram determinantes na aplicação e no sucesso da aplicação prática do sistema BPM, Baldam et al (2007) faz uma síntese destes que seguem:

- Apoio da alta direção, incluindo a presidência e alto escalão.
- Alinhamento da estratégia de BPM a estratégia da empresa.
- Criação da gerência em BPM com experiência e competência.
- Estrutura de orientação ao BPM que seja clara e objetiva.
- Estratégias para tratar a gestão de mudanças.
- Capacitação das pessoas envolvidas.
- Iniciar e finalizar todos os projetos de processos.
- Perceber que nenhum processo é estático, a empresa precisa saber que deve ter habilidades para se adaptar às variações.
- Ter desempenho sustentável;
- Apresentar os benefícios alcançados.

#### 2.6.1.1 Ciclo de Gerenciamento de processo de negócios

O processo de gerenciamento de processos de negócios é desenhado por vários autores de formas distintas; outros apresentam uma forma cíclica que remetem sempre à tomada de ação e ao retorno ao ponto “zero”. Burlton (2001) apresenta um modelo de estrutura de trabalho para BPM, como podemos ver na figura 7, que apresenta a interligação das etapas com os chamados saltos dentro da estrutura.

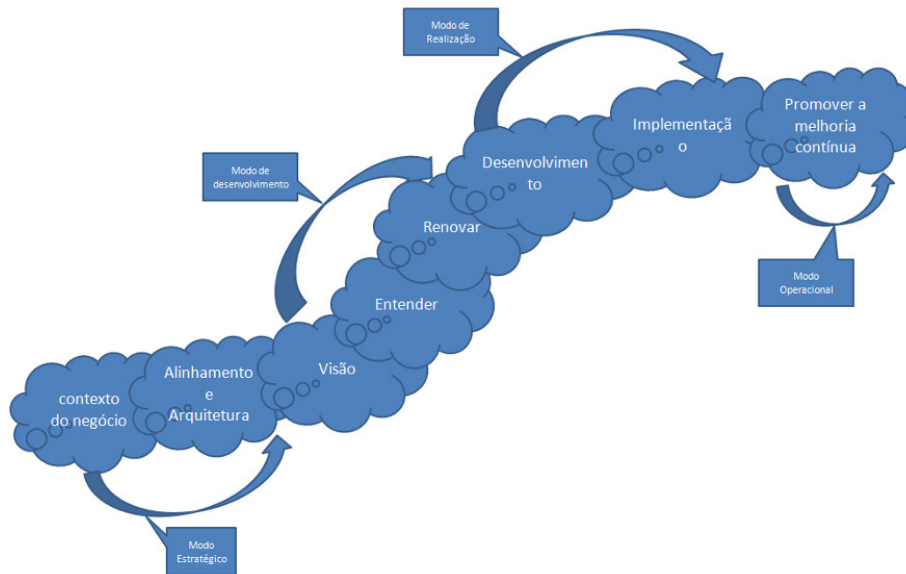


Figura 7 Adaptado de Burlton (2001) Interligação entre as etapas

Khan (2004) apresenta o modelo cíclico figura 8, para definir o seu modelo de processo de negócio. Inicia-se na criação de modelo, posteriormente a criação do processo de automação, seguido pela gestão e pela otimização, retornando sempre a um novo modelo. Como a própria figura cita, isso é um ciclo de melhoria do processo contínuo.

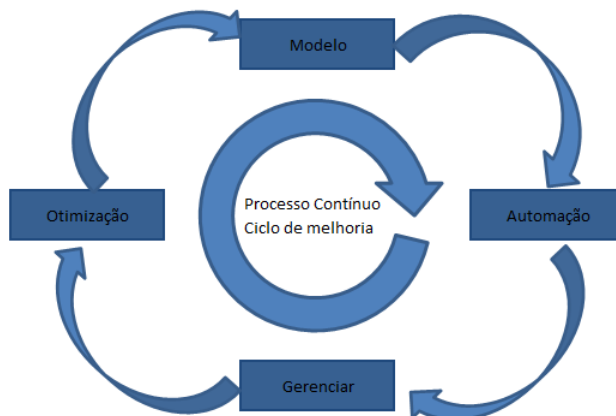


Figura 8 Adaptado de Khan (2004) Modelo Cíclico

Abaixo, BALDAM et al(2007) escreve uma forma de trabalho baseados nestes exemplos citados.

Planejamento do processo BPM: nesta etapa define-se quais processos irão agregar valor à organização.

Modelagem do processo BPM: Identificar o processo atual para definir um modelo mais consistente.

Implementação do processo BPM: a aplicação e execução do sistema.

Monitoramento do processo BPM: controle de todo o processo produtivo.

#### 2.6.1.2 Planejamento de um processo BPM

Para Baldam et al (2007) o processo de planejamento do ciclo de BPM comporta uma série de etapas a serem desenvolvidas:

Definição dos processos chave para a estratégia da organização.

Levantar os principais pontos fracos dos processos em uso na organização.

Identificar oportunidades.

Perceber que processos sem problemas podem sofrer melhorias.

Preparar a visão global do processo.

Classificar os pontos que merecem atenção e colocá-los em prioridade.

Indicar à equipe de BPM as diretrizes e especificações desejadas.

Planejar e controlar as tarefas necessárias à implantação.

#### 2.6.1.3 Modelagem do processo

Para Baldam et al (2007) o processo de modelagem atual deve ser considerado uma forma de representar o processo de maneira abstrata, com maior ou menor grau de formalidade.

Este tipo de modelo deve ser usado para:

Discutir e compreender processos

Melhoria contínua

Simular alternativas

Treinamento dos colaboradores no novo processo.

Especificar os sistemas de informação que irão apoiar o negócio.

Modelagem do estado futuro

Para Baldam et al (2007)

*“Nesta fase pretende-se criar um ambiente de discussão entre as partes envolvidas, de forma a melhorar o processo em questão, inová-lo ou mesmo questionar se ele se faz necessário e se de fato agrega valor necessário à organização.”*



Entre os processos de melhoria contínua existem vários que são utilizados para este fim, podemos citar o processo de melhoria contínua (PDCA), FAST, Benchmarking, melhores práticas e processos, reengenharia de processos e inovação de processos.

Com o processo de modelagem do estado futuro são esperados os seguintes resultados: BALDAM et al (2007 apud O'Connell et al, 2006; Jeston; Nelis, 2006).

- Reprojeto do processo ou novos processos.
- Documentação corrigida e criação de novos documentos.
- Requerimento de alto nível para as novas opções observadas.
- Modelo de simulação.
- Atendimento das expectativas.
- Alinhamento do BPM com a estratégia.
- Criação de um relatório com as diferenças que ainda não foram atingidas.
- Plano de desenvolvimento.
- Treinamento da equipe.
- Relatório de impacto.
- Detalhes do plano de comunicação do novo processo.

## **2.7 Redes de Petri**

Podemos definir Redes de Petri como representação matemática para demonstrar sistemas de evento discreto. Como linguagem de modelagem, ela define graficamente a estrutura de um sistema distribuído como um grafo direcionado com comentários. Possui, “nós” de posição, nós de transição, e arcos direcionados, conectando posições com transições. Redes de Petri foram inventadas em 1962 por Carl Adam Petri, em sua tese de doutorado.

Segundo Heuser & Richter (1992), as primeiras aplicações de RdP aconteceram em 1968, no projeto norte americano Information System Theory, da A.D.R. (Applied Data Research, Inc.). Muito da teoria inicial, da notação e da representação de RdP foi desenvolvido neste projeto e foi publicado em seu relatório final. Este trabalho ressaltou como RdP poderiam ser aplicadas na análise e na modelagem de sistemas com componentes concorrentes.

Em qualquer momento durante a execução de uma rede de Petri, cada posição pode armazenar uma ou mais fichas. Diferente de sistemas mais tradicionais de processamento de dados, que podem processar somente um único fluxo de fichas entrantes, as transições de

redes de Petri podem consumir e mostrar fichas de múltiplos lugares. Uma transição só pode agir nas fichas se o número requisitado de fichas aparecerem em cada posição de entrada.

Transições agem em fichas de entrada por um processo denominado disparo. Quando uma transição é disparada, ela consome as fichas de suas posições de entrada, realiza alguma tarefa de processamento, e realoca um número específico de fichas nas suas posições de saída. Isso é feito atômicamente. Como disparos são não determinísticos, redes de Petri são muito utilizadas para modelar comportamento concorrente em sistemas distribuídos.

Uma rede de Petri consiste em posições, transições e arcos direcionados. Arcos interligam posições e transições, não podendo conectar posições e posições ou transições e transições. As posições de entrada de uma transição são aquelas as quais um arco se destina. As posições de saída são aquelas das quais um arco se origina.

Posições podem conter qualquer número de fichas. Transições podem ser disparadas, isto é, executadas. Quando uma transição é disparada, ela consome uma ficha de cada uma das suas posições de entrada, e produz uma ficha em cada uma das suas posições de saída. Uma transição é habilitada, quando ela pode ser disparada, isto é, quando existem fichas em cada posição de entrada.

A execução de uma rede de Petri é não-determinística. Isso significa que múltiplas transições podem ser habilitadas ao mesmo tempo (cada uma pode ser disparada) e que nenhuma transição deve ser obrigatoriamente executada em determinado momento.

### 2.7.1 Propriedades das redes de Petri

O estado de uma rede de Petri é representado por um vetor  $M$ , no qual o primeiro valor do vetor é a quantidade de fichas na primeira posição da rede; o segundo é a quantidade de fichas na segunda posição e assim por diante. Tal representação descreve completamente o estado de uma rede de Petri. Formalmente, a rede de Petri é dada por uma quintupla,  $RP = (P, T, F, W, M_0)$  em que (RAPOSO 2000):

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  conjunto finito de lugares;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  conjunto finito de transições;

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$  conjunto de arcos;

$W: F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$  função de peso;

$M_0: P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$  marcação inicial;

$P \cap T = \emptyset$  e  $P \cup T \neq \emptyset$ .

Uma lista de transição de estados, é chamada seqüência de disparo, se cada transição satisfaz o critério de disparo, isto é, existem fichas suficientes na entrada de cada transição. Todas as seqüências de disparo que podem ser atingidas em uma rede N com estado inicial  $M_0$  são denotadas como  $L(N, M_0)$ .

Todos os estados que podem ser atingidos em uma rede N com estado inicial  $M_0$  são denotados como  $R(N, M_0)$ . Surge o problema de alcançabilidade: é verdadeiro que? No qual  $M$  é, por exemplo, um estado inválido, tal qual um elevador se movendo enquanto a porta está aberta.

A alcançabilidade dos estados pode ser representada pelo grafo de alcançabilidade, no qual os destinos de um grafo direcionado representam estados (por exemplo,  $M$ ), e transições de arcos entre dois dos tais estados. O grafo é construído quando o estado inicial  $M_0$  é definido, e todas as possibilidades de transição são exploradas a partir desse estado; depois, a partir dos estados resultantes da primeira iteração, e assim por diante.

Enquanto a alcançabilidade parece ser uma boa ferramenta para encontrar estados errôneos, o grafo construído possui “estado” demais para problemas práticos. Por essas razões, a lógica linear temporal com o método de tableau é geralmente utilizada para provar que tais estados não podem ser alcançados. Essa lógica usa a técnica de semi-decisão para encontrar se realmente um estado pode ser alcançado, ao procurar um conjunto de condições necessárias para o estado ser alcançado e provando que tais condições não podem ser satisfeitas. A notação gráfica de PN é também muito usada. Nesta notação, os lugares são representados por círculos, as transições por barras ou retângulos, os tokens por pontos, e os arcos por setas com os pesos escritos em cima (por definição, um arco não marcado tem peso 1). (RAPOSO 2000)

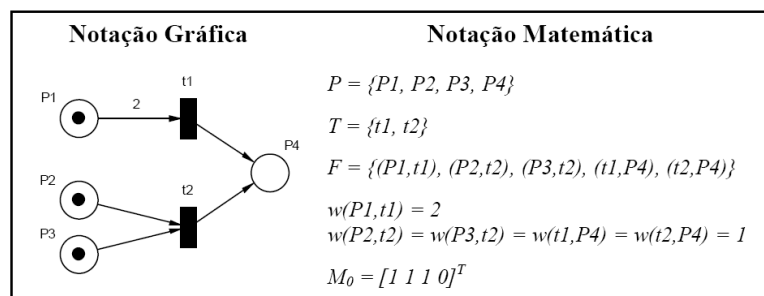


Figura 9 Raposo (2000)

Na PN dada como exemplo na Figura 9, apenas a transição  $t2$  está habilitada;  $t1$  não está habilitada porque seriam necessárias duas fichas em  $P1$  para dispará-la, já que  $w(P1, t1) = 2$ . Quando  $t2$  for disparada, as fichas em  $P2$  e  $P3$  são retiradas e  $P4$  recebe uma ficha (o número de fichas não é necessariamente conservado).

Existem várias extensões para redes de Petri. Algumas delas são completamente compatíveis com o modelo tradicional (por exemplo, redes de Petri coloridas). Algumas adicionam propriedades que não podem ser definidas no modelo tradicional (por exemplo, redes de Petri temporizadas). Se elas podem ser definidas no modelo tradicional, não são realmente extensões, e sim maneiras mais convenientes de demonstrar a mesma coisa, de forma que podem ser transformadas com fórmulas matemáticas para o modelo tradicional, sem perda de informação. Extensões que não podem ser transformadas para o modelo tradicional são muitas vezes poderosas; mas geralmente não possuem ferramentas matemáticas suficientes para análise como no modelo tradicional de redes de Petri.

O termo redes de Petri de alto-nível é utilizado por vários formalismos de redes de Petri que estendem o formalismo posição/transição. Isso inclui redes de Petri coloridas, redes de Petri hierárquicas, e outras extensões.

Em uma rede de Petri tradicional, fichas são indistinguíveis. Em uma rede de Petri colorida, cada ficha possui um valor. Em várias ferramentas para redes de Petri coloridas, os valores das fichas são tipados, e podem ser testados e manipulados com uso de uma linguagem de programação funcional. Uma derivação de redes de Petri coloridas são as redes de Petri bem formadas, nas quais os arcos e expressões de guarda são restritos para tornar a rede de mais fácil análise.

Outra extensão popular para redes de Petri é a hierarquia: hierarquia na forma de diferentes visões suportando níveis de refinamento e abstração. Outra forma de hierarquia é encontrada nas chamadas redes de Petri Objeto ou Sistemas Objeto, em que uma rede de Petri pode conter outra rede de Petri como ficha, introduzindo o conceito de redes de Petri alinhadas, que se comunicam ao sincronizar transições entre diferentes níveis.

Redes de Petri Priorizadas adicionam prioridades para as transições, de forma que uma transição não pode ser disparada, se uma transição de prioridade maior está habilitada. Desta forma, transições estão em grupos de prioridade; por exemplo, um grupo de prioridade três só pode disparar, se todas as transições estão desabilitadas nos grupos um e dois. Mesmo em grupo de prioridade, disparos ainda assim são não-determinísticos.

A propriedade não determinística é bem útil, pois permite ao usuário abstrair um grande número de propriedades, dependendo da finalidade da rede. Em certos casos, entretanto, existe a necessidade de modelar também temporizações. Para esses casos são utilizadas redes de Petri temporizadas, em que existem transições que são temporizadas, e possivelmente transições não temporizadas; nesse caso, transições não temporizadas são prioritárias em relação às temporizadas. Desta forma, a propriedade de tempo também pode

ser modelada, não somente a estrutura. Uma derivação de redes de Petri temporizadas são as redes de Petri estocásticas, que adicionam tempos não-determinísticos através de aleatoriedade ajustável nas transições. A distribuição exponencial é utilizada para cronometrar essas redes. Nesse caso, o grafo de alcançabilidade dessas redes pode ser usado como Cadeia de Markov.

Existem várias outras extensões para redes de Petri; entretanto importa saber que, ao adicionar complexidade nas redes ao adicionar propriedades, se torna mais difícil utilizar ferramentas tradicionais para calcular certas propriedades da rede. Por essa razão, é uma boa idéia utilizar a rede mais simples possível para uma tarefa dada.

As propriedades teóricas de redes de Petri vêm sendo muito estudadas. Uma situação em uma rede de Petri é alcançável se, iniciando por uma situação inicial, uma seqüência de transições disparadas pode atingir tal situação. Uma rede de Petri é limitada, se existe um limite ao número de fichas nas suas situações alcançáveis.

### 2.7.2 Análise

O sistema Petri, além de propiciar a simplicidade da notação gráfica, uma notação matemática formal e um modelo de descrição hierárquico, também pode fornecer ferramentas de análises do sistema modelado. Para Aalst (1998) existem três tipos possíveis de análise.

**Verificação.** As análises de verificação são realizadas para garantir que a rede esteja corretamente definida e corresponda com exatidão ao sistema rodeado. Neste tipo de análise, é verificado se a rede apresenta *dead-locks*, se atinge algum estado não permitido, se há transições mortas etc. As análises de verificação são baseadas em propriedades das PN, entre as quais se destaca o que segue.

*Reachability (acessibilidade):* há alguma seqüência de disparos que leva a um estado específico? Para a verificação desta propriedade pode-se utilizar a *coverability-tree*, que oferece uma visão completa da seqüência de transições e estados de uma PN.

*Liveness:* há algum estado ou seqüência de estados que não será mais alcançado, indicando um possível *deadlock*?

*Reversibilidade:* é possível retornar ao estado inicial?

*Boundness:* no máximo quantas fichas permanecerão em um lugar? Uma PN é dita *k-bounded*, se o número de fichas em cada lugar nunca exceder  $k$ . Para o caso de  $k = 1$ , a PN é chamada de segura (*safe*).

*Persistência:* o disparo de duas transições habilitadas é independente, ou seja, o disparo de uma desabilita a outra? Duas transições com disparos dependentes indicam um “conflito”, pois apenas uma das duas será disparada (OR lógico).

*Distância síncrona:* indica o nível de dependência mútua entre duas transições. Considerando  $s$  uma seqüência de disparos a partir de qualquer marcação  $M$  e  $s(ti)$ , o número de vezes em que a transição  $ti$  dispara em  $s$ , a distância síncrona entre as transições  $ti$  e  $tj$  é dada por  $di,j = \max |s(ti) - s(tj)|$ .

**Validação.** A análise de validação testa se a rede funciona como esperado. Os testes são feitos por meio de simulação interativa de situações fictícias para verificar se a rede trata delas corretamente.

**Desempenho.** A análise de desempenho avalia a capacidade de o sistema atingir certos requisitos, tais como tempo médio de espera, número médio de casos pendentes, uso de recursos, *throughput times* etc. Análises de desempenho podem ser feitas por meio de simulação, cadeias de Markov, e outras técnicas.

Em resumo, PNs apresentam forte apoio teórico para a análise e grande número de técnicas de simulação, o que, juntamente com as já comentadas características de modelagem, as tornam ferramentas adequadas para o planejamento de animações interativas (Magalhães et al 1998) e sistemas de *workflow* (Aalst 1998).

Para Aalst (2000) os principais motivos para usar as redes de Petri são colocados assim:

Semântica formal a despeito de uma natureza gráfica: Aalst nos coloca que a primeira razão é a de representar uma lógica de negócio não somente de modo formal, mas um modelo gráfico, para que possa eliminar as ambigüidades, solucionando problemas da interpretação de procedimentos de fluxo de trabalho comuns; a interpretação das redes de Petri, baseadas em processos de *workflow*, é uma ferramenta para análise técnica; o monitoramento e modelagem em alto nível (chamada de Petri colorida), onde se torna possível criar modelos de gestão integrada.

Estado – Base em lugar de Base – Estado: para o autor, este motivo será justificado pela necessidade que existe de demonstrar o que ocorre entre as transições. Ele declara quais as formas possíveis de disparar estas transições: automática através do acionamento quando ocorre a sua habilitação; pelo usuário, quando a tarefa é selecionada por ele; por uma mensagem de evento externo; e por tempo já pré-definido.

Abundancia de análises técnicas: há grande quantidade de possibilidades de simulação desde as mais simples até processos extremamente complexos.

### 2.7.3 INCOME SUITE

A ferramenta INCOME SUITE é um conjunto de ferramentas de seis softwares (figura 10) que foram criados para apoiar empresas a realizar e implantar a cultura BPM em seus processos. Segundo OBERWEIS *et al.*(1996), durante quase trinta anos, banco de dados que suporta os sistemas de informações têm sido utilizados para implementar numerosas aplicações em sistemas de negócios. Recentemente, há crescente demanda por sistemas que suportam sistemas não estruturados ou fracamente estruturados. Esses processos exigem, muitas vezes, cooperação entre diferentes agentes, e ferramentas e métodos para apoiá-los devem ser altamente flexíveis como deveriam incentivar a criatividade humana e não oprimi-los por limitações estritas.

Obviamente, este problema não se limita ao desenvolvimento de processos software. A maioria dos processos de negócios também deve ser facilmente adaptável à evolução dos fatores de mercado, novas tecnologias ou decisões estratégicos.

O ciclo INCOME é composto pelos componentes abaixo:

**Income Process Designer:** Este processo é o centro do programa; é usado para documentar e modelar o processo. Todas as terminologias das redes de Petri, elementos de representação para o modelo gráfico são usados, as atividades representadas podem ser refinadas, criarem gráficos para facilitar o fluxo.

**Income Simulator:** é utilizado para a representação interna e externa dos processos da empresa. Diferentes processos de variação podem ser simulados e resultados podem ser comparados uns aos outros. Vários outros parâmetros podem ser avaliados.

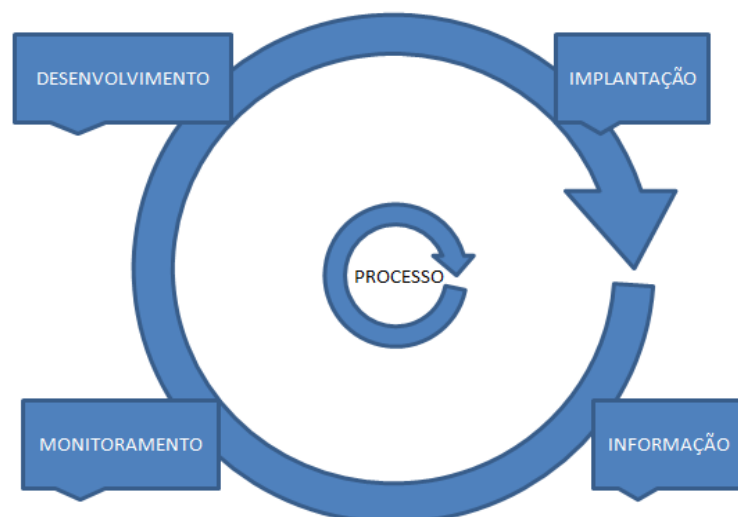


Figura 10 Modelo INCOME SUITE, adaptado de INCOME (2009)

**Income knowledge Browser:** O sistema do software facilita a sua utilização, promovendo o autoconhecimento; o designer pode facilmente utilizar as terminologias e se identificar com o software.

**Income Document Center:** é um processo que facilita o conhecimento abrangente da empresa. Neste processo todos os documentos são aceitos.

**Income process pilot:** O Piloto está baseado no ORACLE, no qual gerencia, supervisiona e pilota todo o sistema, sempre seguindo os parâmetros que foram colocados no sistema.

**Income Monitor:** é utilizado na construção de processos orientados e o alarme do sistema com avisos precoces.

#### 2.7.4 Conclusão da Abordagem teórica

O processo de gestão estratégica está sendo aplicado na indústria com o propósito de alavancar os meios em que está sendo desenvolvido, no caso da produção que busca um diferencial perante aos clientes, que promovam ao final um “lucro maior”. Estas ferramentas, muitas vezes são simples e apresentam um diferencial perante os concorrentes, tanto como no desenvolvimento de novos meios, como na mudança estratégica de mercado. Como citado, Skinner em 1969 já fala que Gestão estratégica tem como função buscar competitividade perante os concorrentes; Porter, em 1996, complementa que para isso as empresas precisam ter objetivos macro: propiciar um maior valor aos consumidores ou apresentar custo mais baixo. Complementando, Porter cita que os custos são gerados pelas atividades que a empresa faz, quando se minimizam estas atividades ou se tornam mais eficientes, é gerada uma vantagem perante os concorrentes.

Este processo de gestão estratégica não vem sendo muito aplicado na manutenção industrial, salvo algumas exceções em que a manutenção é parte que participa da alta direção. Caso contrário, ela ainda continua a ser vista como o departamento que aumenta o “Manufacturing cost” e não como função estratégica que deve buscar a melhoria contínua do processo produtivo e a minimização dos custos. A direção precisa apoiar-se na manutenção e na produção. As melhorias promovidas por eles pode ser de grande mensuração.

Como Marçal, em 2004, nos fala que a manutenção deve deixar de ser vista como mal necessário, buscando a integração entre os demais departamentos, promovendo a eficiência na



produtividade e melhora da sua gestão. Kardec em 2002, como citado acima, fala que a manutenção deve pensar e agir de tal forma que integre de maneira eficaz ao processo produtivo, e que essa contribuição leve a empresa a uma excelência de seus processos fabris. Neste intuito, o processo de integração da manutenção com a produção, perante a gestão estratégica, busca a minimização dos custos e a excelência empresarial, por atender a estes quesitos.

Como apresentam as figuras 4 e 5, o estudo promovido pela Abramam deixa clara a evolução na implantação dos processos de manutenção descentralizada, o crescimento nos últimos 5 anos de 12,71%, (isso é, um aumento de 60%), vem a reforçar o intuito do trabalho de contribuir no estudo e implantação deste modelo de manutenção. Esta evolução que cresce a cada nova pesquisa, está baseada na resposta do questionário elaborado pela ABRAMAN, que busca entender como está a manutenção no Brasil. Mas pode-se deixar uma pergunta: Como está ocorrendo esta mudança de estrutura de manutenção centralizada para descentralizada?

A idéia de integrar funções de manutenção à produção ocorre desde o principio da era industrial. No inicio não existiam sequer pessoas de manutenção; mas, com o passar dos anos, tornou-se necessário. Com o passar de mais alguns anos, a indústria japonesa novamente sentiu a necessidade de que as pessoas de produção estivessem mais integradas à manutenção, ao cuidado do seu equipamento; era um descaso da produção com os equipamentos, porque a função da manutenção era cuidar deles. Com a implantação da TPM, um dos seus pilares é justamente a manutenção autônoma, que preza que todo operador deve zelar pelo seu equipamento e realizar pequenos ajustes neles. Outro ponto importante é que a responsabilidade de limpeza dos equipamentos passou a ser da produção e dos operadores. Isso trouxe um nível de organização maior ao processo produtivo.

Dentro da nova estratégia de manutenção, os processos de TPM devem ser fortemente integrados, porque a responsabilidade pelos equipamentos passa a ser da produção como um todo, desde a limpeza e conservação até os processos de corretivas, preventivas e preditivas, não existindo mais a divisão entre manutenção e produção; quem cuida dos equipamentos é a produção. A relação com o equipamento torna-se cada vez mais íntima. Operadores serão os responsáveis pelo auxílio em processos de manutenção, desde inspeções até lubrificações; as pessoas de manutenção estarão mais integradas ao processo produtivo, importando-se também com as entregas, qualidade do produto e conformidade do processo produtivo. Esta união, baseada na cumplicidade do processo, é o fulcro da implantação e a grande mudança vista nos gráficos da ABRAMAN.

Os indicadores de desempenho, utilizados para monitorar os processos, auxiliam a gestão visual, na consequente tomada de decisão, monitoram a efetividade da ação tomada e criam históricos. Tais indicadores, utilizados nas mais variadas posições, departamentos e funções, está ai para cumprir o seu papel: o de monitorar o processo de produção e manutenção e auxiliar na tomada de decisão, quanto à manutenção centralizada e descentralizada.

Indicadores de desempenho são utilizados na manutenção, como forma de monitorar o status dela e a validade de suas ações em manter o processo fabril em funcionamento; é necessário que o departamento escolha e implante alguns indicadores de desempenho. Estes devem apresentar dados verídicos e auxiliar na tomada de decisão. Indicadores que não apresentam dados que provoquem uma decisão ou que não monitoram dados importantes devem ser eliminados ou modificados. Como já falado, Ohno, em 1997, cita que o foco de utilizar indicadores é a busca pela redução de desperdícios e melhoria contínua, como pregado pelos processos de produção enxuta. Nestes processos, temos algumas etapas que a formam: produção Just in Time, estoques em processos minimizados, concentração geográfica da montagem e da produção de componentes, produção “puxada”, produção nivelada, setups curtos, padronização do trabalho, equipamentos à prova de falhas, operadores multifuncionais e melhoria incremental e contínua dos processos. Baseados nestes pontos, os indicadores vieram para auxiliar e maximizar estes itens, demonstrando como estão e aonde precisam chegar.

A produção enxuta tem como premissa a formação de operadores multifuncionais. Isso quer dizer que devem realizar outras ações, além de operar um único equipamento. Neste caso realizar ações de TPM: manutenção, limpeza e conservação. As melhorias nos processos vêm ao encontro das ferramentas de Kaizen, base para a melhoria nos indicadores de manutenção.

Um dos indicadores de desempenho, que tem o papel de monitorar os processos de produção e criar link com o processo de manutenção, é chamado de OEE. Este indicador tem como base a utilização de dados de disponibilidade, de nível de qualidade e a performance do processo: velocidade de produção padrão. Com este indicador implantado é possível mensurar como está o processo de manutenção, como está o processo de produção e a qualidade do produto por ele produzido. A utilização de indicadores de desempenho tem o papel, neste trabalho, de identificar o status dos processos produtivos com a implantação do sistema de manutenção descentralizada. A necessidade de comparação é necessária, visto que o modelo de manutenção descentralizada pode não ser o mais indicado em algumas corporações.

Para modelar este processo de manutenção descentralizada, criando um fluxo de trabalho e implantação será utilizada a metodologia BPM – gestão do processo de negócio, no qual, com o auxílio de outra ferramenta de modelagem, chamada de Redes de Petri, é possível simular e aplicar o modelo em nível computacional. As ferramentas de BPM têm como propósito identificar, analisar e simular processos de negócio; e no caso deste trabalho a integração da manutenção à produção. Com o BPM é possível mapear o processo de integração, criando um workflow que auxiliará a implantação deste modelo de manutenção nas empresas. Com a ferramenta Petri é possível adicionar a modelagem gráfica e a simulação, identificando pontos a melhorar, fora dos objetivos. A ferramenta INCOME será utilizada como uma das ferramentas de Petri desenvolvidas e que estão disponíveis no mercado; mas a preferência dada a ela é primeiramente por ser ferramenta de alto nível, chamada de rede de Petri colorida, que tem como função, além do monitoramento, realizam indicações, alarmes e avisos precoces.

### 3. Modelagem

#### 3.1 Introdução

Os processos industriais apresentam severas mudanças todos os dias, tudo em busca da melhoria contínua para manter-se vivo, no mercado que está competitivo, não perdendo espaço, ganhando novos clientes e novos mercados. O processo de melhoria está sendo aplicado em todas as áreas da indústria, desde a organização e limpeza das áreas de trabalho até melhorias nos processos de comunicação da direção e presidência. Existe amplo campo de melhoria dentro de cada empresa; é necessário estudar e ter olhos críticos para identificar a necessidade e propor as melhorias. Uma das áreas que sempre apresentam melhorias, por ser um dos processos mais complexos, é a área de produção industrial. Realmente, a área que produz os componentes e produtos que a empresa comercializa também é a área que mais recebe atenção e recursos, por ser esta a responsável pela geração do bem de consumo ou serviço da empresa.

Dentro do sistema de produção da Toyota, o departamento de produção recebe uma divisão de processos que auxiliam a gestão e a melhoria. Cada grupo é composto por um número de pessoas com suas especialidades, todas voltadas a auxiliar a produção no seu desenvolvimento. Buscando desenvolver ainda mais este processo, o trabalho desenvolve uma pesquisa voltada à produção. O departamento de manutenção faz parte desta busca de melhoria. Na figura 11 criou-se um desenho de como a produção está interligada à manutenção dentro do processo fabril, juntamente com os demais departamentos; percebe-se como a produção é dependente de vários outros departamentos, e como estes estão interligados.

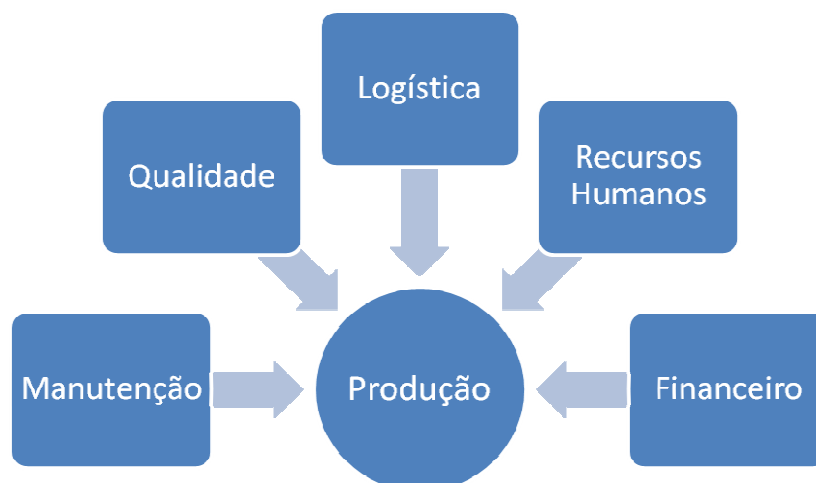


Figura 11 Função Produção, autoria própria

O departamento manutenção, como visto na revisão bibliográfica, faz parte e interfere diretamente em todo o processo de produção, como: problemas logísticos, a produção não terminou o volume do dia por quebra de equipamento; problemas de qualidade, o equipamento não está mais garantindo determinada especificação do produto; por problemas de segurança de um equipamento que pode ferir alguém; por problemas ambientais que possa ocorrer um vazamento e criar um acidente ambiental; por problemas produtivos, o equipamento não atinge os níveis de produção; por custos que gerem horas extras para os colaboradores, entre outros. Pode-se perceber como simples exemplos mostram a manutenção interferindo nos principais eixos de produção: logística, qualidade, recursos humanos e custos. Pensando-se nisso, o projeto buscou identificar quais fatores interferiam no processo de produção e como a manutenção pode auxiliar. Na figura 12, podemos perceber esta ligação entre os departamentos, buscando atender os indicadores globais através de seus indicadores individuais.

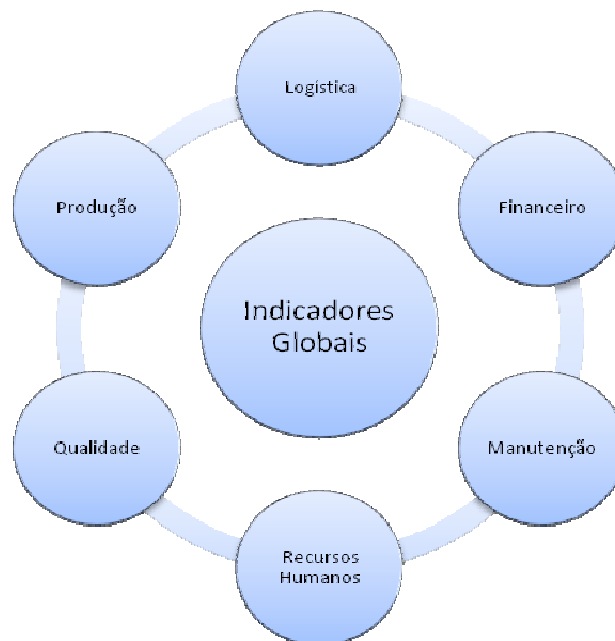


Figura 12 Indicadores Globais, autoria própria

### 3.2 Área de Atuação

Como citado, a manutenção interfere e é interferida por todos os departamentos. Na figura 12, através destas informações, podem-se filtrar quais os indicadores essenciais para a produção que são de responsabilidade da manutenção. Buscou-se na literatura e identificar um indicador global que interfere não só na produção, mas em qualidade, finanças e manutenção,

chamado de OEE. Este indicador, juntamente com outros, é primordial a manutenção como o MTBF, MTTR e disponibilidade.

Pensando-se nisso, foi formulada a figura abaixo que apresenta a relação da produção com a manutenção, para atingir os indicadores globais que apresentam como a empresa está no momento, e se as metas estão sendo atingidas. Como forma de modelar o sistema e realizar a gestão do processo de negócio foi utilizado o BPM, que auxiliará a gestão do processo de negócio e a modelagem do processo de negócio.

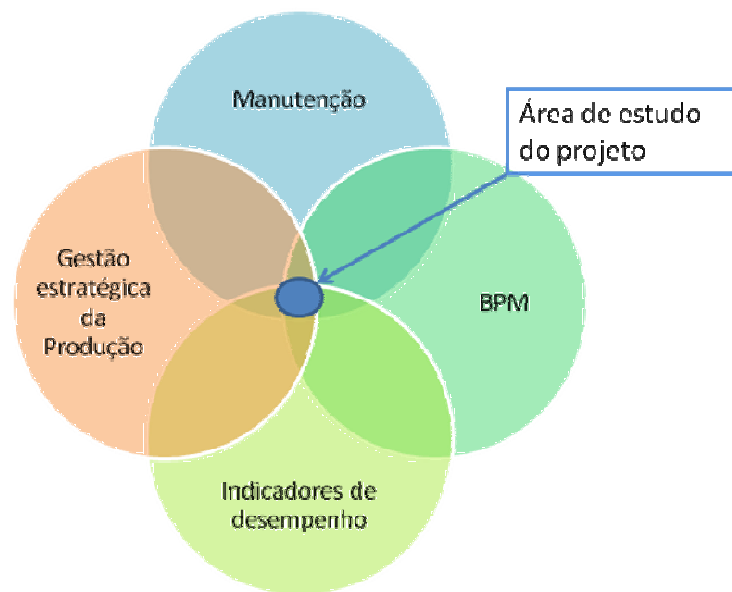


Figura 13 Área de estudo, autoria própria

O ponto comum na figura 13 é o foco deste trabalho que integra a Gestão estratégica da produção, os Indicadores de desempenho, o sistema BMP e a manutenção; será esta a relação em que o projeto busca focar. Através da gestão estratégica da produção em conjunto com um processo de manutenção descentralizada, busca-se a melhoria dos indicadores de desempenho de empresas. O monitoramento será realizado via gestão do processo de negócio através do seu mapeamento.

Quando Kardec (1998) disse que a manutenção precisa pensar e agir, para se integrar a todo o processo produtivo, contribuindo na busca da excelência, foi possível concluir que a intenção é a realização de uma integração entre os departamentos, para destruir barreiras históricas existentes, tornando o processo industrial forte e eficaz. A separação que ocorreu pela especialização destes ocasionou uma divisão nas empresas que dificultou a execução de tarefas e auxílio mútuo, porque ambos buscam atender aos seus objetivos. Isso também ocorreu com a manutenção e a produção. De um lado a produção reclama que os equipamentos “sempre” quebram; de outro a manutenção reclama que a produção não limpa os equipamentos e não os deixa realizar as preventivas. A integração entre ambos os

departamentos deve ocorrer. Isso auxiliará o processo de crescimento e desenvolvimento da empresa, tornando-a mais forte e madura. Este modelo deve ser fortalecido pela alta direção das empresas, motivando a troca de experiências e definindo objetivos comuns.

Contador (2004) lembra que a função manutenção dentro de uma organização, representa alto potencial de contribuição para o aumento de desempenho, à luz de seu relacionamento com a função produção. As atividades desenvolvidas pela manutenção existem para evitar o desgaste dos equipamentos, normalmente causado pelo uso ou pelo desgaste natural. Num ponto de vista reduzido, as atividades de manutenção estão limitadas a colocar um equipamento em funcionamento. Em sentido mais amplo, as atividades abrangem a melhoria do equipamento, para evitar a reincidência da quebra e minimizar os tempos de intervenção no equipamento, ou seja, em ambas temos a redução do custo e a melhoria na produtividade.

A participação da produção no processo de conservação dos equipamentos é de suma importância. Um processo de 5S tem como propósito central a melhoria da eficiência no ambiente de trabalho; neste mesmo propósito a TPM prega a aplicação de ferramentas que auxiliem na manutenção da ordem e limpeza dos equipamentos; com o objetivo principal de atingir o menor número de acidentes, defeitos e avarias, buscando novamente a redução de custos e a melhoria na produtividade.

Os indicadores desempenham um papel importante dentro da corporação com a função de monitorar e indicar como está a empresa perante as suas metas. A sua função principal é monitorar algo mensurável, eles permitem manter, mudar ou abortar o rumo de nossas ações. São ferramentas de gestão ligadas ao monitoramento e auxiliam o desenvolvimento de qualquer tipo de empresa. Basicamente tudo o que for crítico para a empresa deve ser monitorado, não apenas os custos financeiros ou que interferem diretamente neles, mas se pode monitorar até coisas abstratas, como a motivação da equipe ou a satisfação do cliente após atendimento. Os dados podem ser mais ou menos em relação a sua meta. O importante é monitorar e reagir em caso de não atendimento. Gerenciar fatos, focando metas transparentes, é muito mais simples do que parece. Com indicadores bem pensados, responsabilidades claras e acompanhamentos sistêmicos, é possível gerenciar desde pessoas e seu desempenho, até os resultados financeiros e a eficácia das estratégias e processos da empresa.

Indicadores de manutenção estão baseados na qualidade do serviço prestado à produção, como disponibilidade de equipamento, tempo entre a parada e o retorno do equipamento, o tempo entre as quebras, a qualidade do processo; todos estes indicadores de

desempenho buscam mostrar o status do que se quer medir para auxiliar a tomada de decisão. Depois da ação realizada auxilia a validação da mudança.

Na área de produção, os indicadores são muitos; mas também é necessário validar a necessidade do que medir. Nem tudo deve ser medido, e o que for medido deve ser realmente analisado e levado em conta para corrigir ou melhorar. A produção monitora indicadores que interferem diretamente no custo da empresa, mas também afetam diretamente a manutenção; por exemplo: sucata é um indicador que pode mostrar deficiência em um equipamento e este está apresentando um nível de refugo elevado. Com a monitoração é possível identificar o problema de imediato e reagir para corrigir.

O BPM tem como objetivo proporcionar o alinhamento dos processos de negócios com a estratégia, os objetivos e a cadeia de valor das organizações. A utilização do BPM, ao longo dos últimos anos, vem crescendo de forma significativa, dada a sua utilidade e rapidez com que melhora estes processos nas empresas, onde foi implementado; a sua perspectiva de crescimento é muito grande, visto que ainda é um conceito pouco conhecido, principalmente no Brasil.

Adicionalmente, as ferramentas denominadas sistemas de gestão de processos do negócio monitoram o andamento dos processos de forma rápida e barata tal que os gestores possam analisar e alterar processos baseados em dados reais e não apenas por intuição. Assim, estas pessoas de altos cargos podem enxergar, por exemplo, onde estão os gargalos, quem está atrasando a sua tarefa, quanto está atrasando e com que frequência isso ocorre, o percentual de processos concluídos e em andamento, entre outros. Como consequência disto, fatores cruciais para o bom desempenho de uma empresa podem ser analisados com extrema facilidade e rapidez, o que geralmente não ocorre com outras ferramentas que não o BPM.

Fazem parte da Gestão por Processos de Negócios as melhores práticas de gestão; descoberta ou mapeamento dos processos, modelagem, definição do nível de maturidade, documentação, plano de comunicação, automação, monitoramento através de indicadores de desempenho e de indicadores de qualidade e ciclo de melhoria contínua. A gestão de processos tem como objetivo fazer o ciclo de melhoria contínua nos processos para se atingir a excelência operacional. Essas práticas aplicadas ajudam a maximizar os resultados e a performance dos processos; assim, as organizações vão ter melhores resultados financeiros, vantagem competitiva, redução de custos, otimização de recursos, aumento da satisfação dos clientes, pois produtos e serviços têm nível melhor de qualidade.

Com o sistema BPM o processo de modelagem torna o entendimento facilitado, com gráficos, cores e softwares, sendo possível identificar as divergências de indicadores, realizar



modificações e validar antes de colocar em prática, realizar testes de melhorias, utilizando dados reais, tendo como ponto de avaliação os indicadores de desempenho. Para isso, existe uma ferramenta largamente utilizada, Redes de Petri, sistema desenvolvido com objetivo de demonstrar as representações matemáticas de eventos discretos, basicamente a modelagem e a simulação através de variados softwares, que buscam apresentar o status de como está o modelo desenvolvido. As redes de Petri definem um sistema distribuído através de gráficos que simulam sistemas, utilizando nós, arcos, posições e transições.

Nos processos em estudo, podemos simular utilizando as ferramentas de redes de Petri, as mais variadas etapas do processo: processos produtivos, fluxo de informação, sequência de montagem, etapa de serviço, a execução de uma manutenção, o controle de indicadores e as tomadas de decisão etc. Através destas simulações, é possível gerenciar os processos em questão, monitorando os indicadores para avaliar a melhoria no sistema.

Através do desenvolvimento de alguns passos, foi possível interagir e criar um campo para modelagem deste sistema, onde ocorre a união do processo fabril de produção com o departamento de manutenção; a utilização do sistema de BPM pode monitorar a mudança na estratégia da empresa e verificar a aplicação.

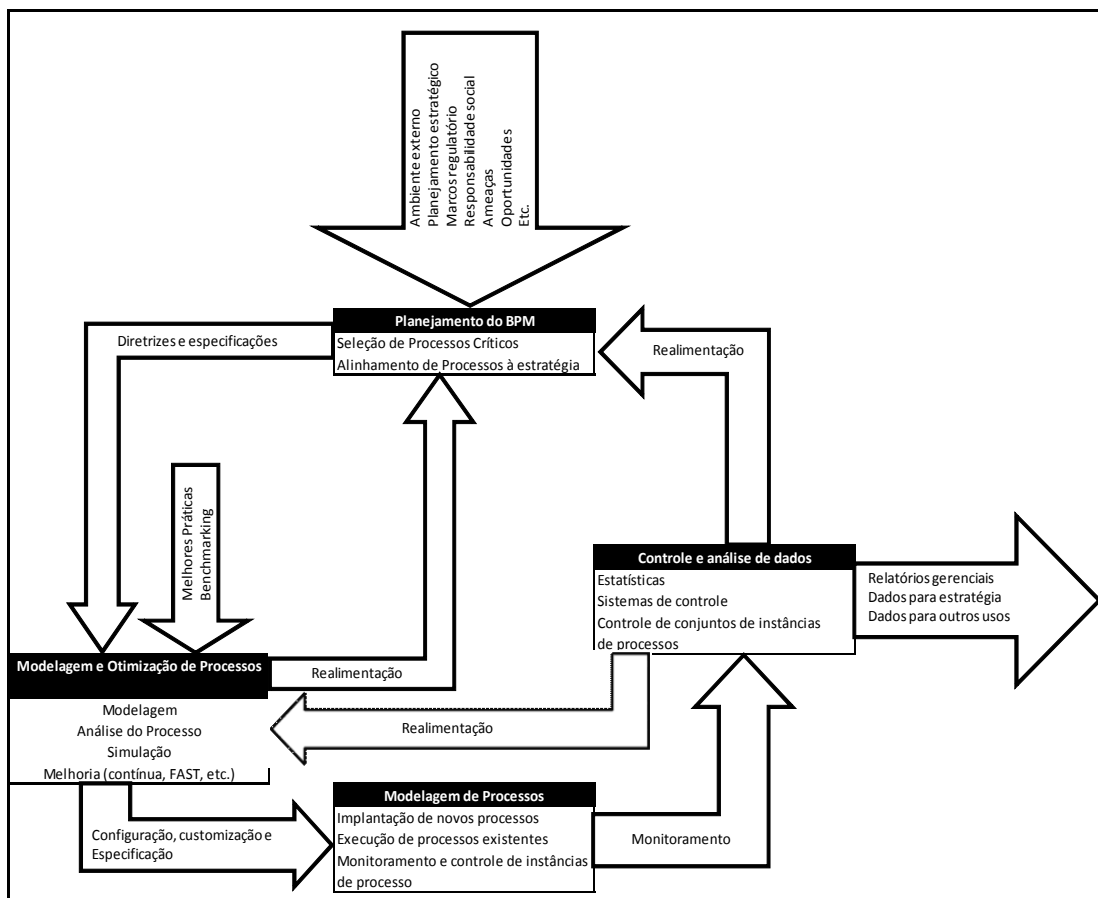


Figura 14 Modelo Baldam et al (2007)

Baldam (2007) apresenta em seu modelo (figura 14) um ciclo de aplicação de sistemas BPM, este modelo é formado por:

Planejamento do BPM: neste módulo, o objetivo é definir as atividades de BPM que irão contribuir para o alcance das metas organizacionais que vão das estratégias às operações.

Modelagem e otimização do processo: são as atividades que permitem gerar informações do processo atual e da possível proposta de processos futuros.

Execução de processos: são as atividades que garantirão a execução dos processos, como, por exemplo, plano de transferência de tecnologias, treinamentos, softwares etc.

Controle e análise de dados: atividades relacionadas ao controle geral do processo, por exemplo, o uso de indicadores de desempenho.

O modelo adotado na figura 15 tem como base o modelo de Baldam et al (2007); são modelos criados para auxiliar a execução de modelos de implementação de BPM.

### 3.3 O modelo

Será apresentada, a seguir, uma descrição sucinta de cada uma das etapas definidas que compõem o ciclo de módulos. A sua aplicação é dirigida à descentralização de manutenção, ou seja, integração à produção do departamento de manutenção.

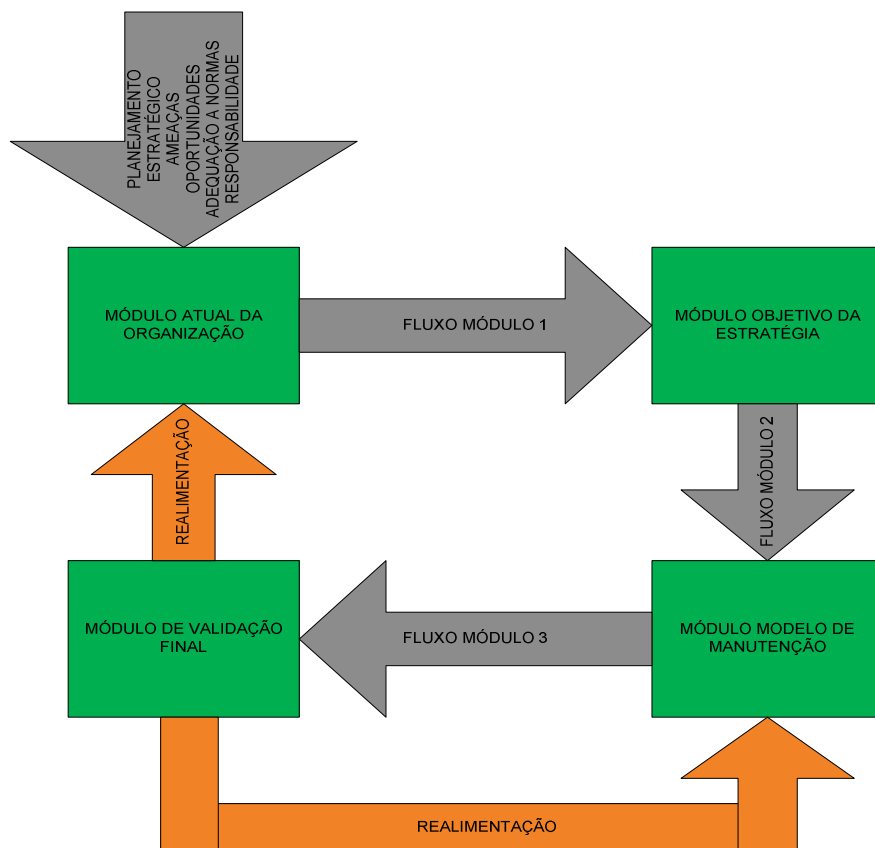


Figura 15 Framework de processo, autoria própria.

### 3.3.1 Módulo Atual da organização

O módulo está dividido em três etapas de trabalho, Disseminação da Ideia de manutenção descentralizada, Análise estratégica, Modelagem do processo atual. Ver a figura a seguir.

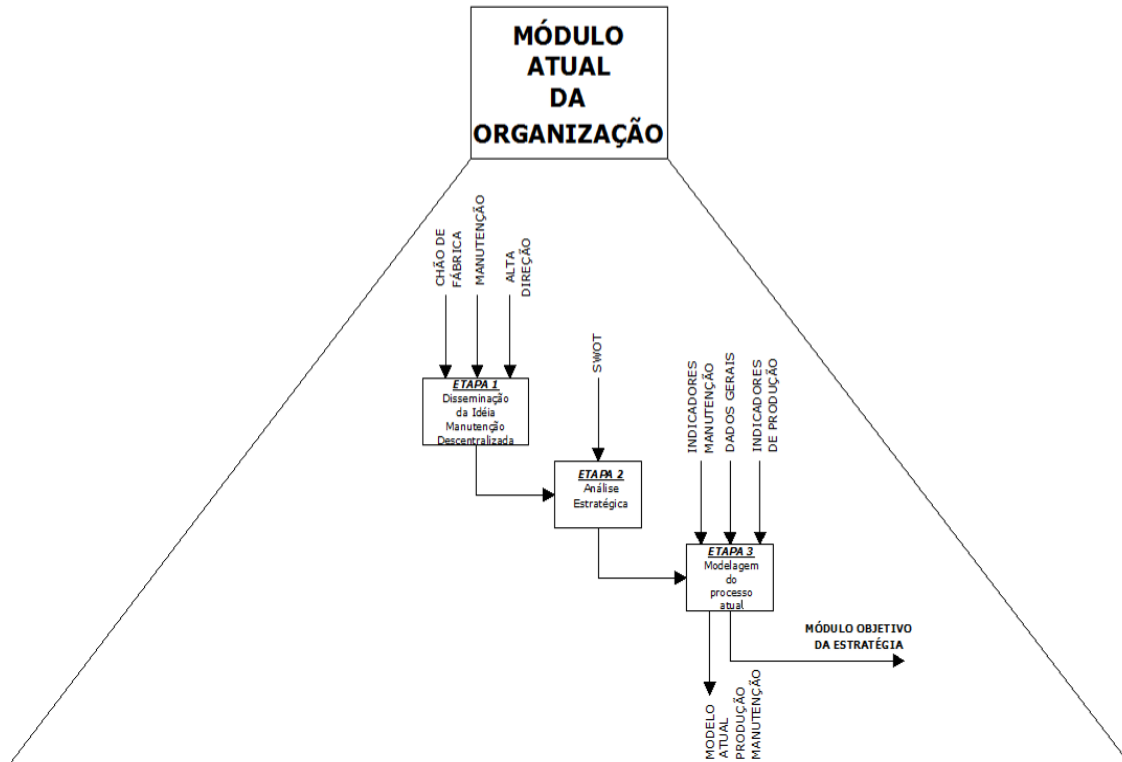


Figura 16 Módulo Atual da Organização, autoria própria

#### Etapa 1: Disseminação da Idéia

É necessário ter apoio da alta direção da empresa para a aplicação da ideia, para que o projeto tenha continuidade. O processo deve partir tanto TOP Down como Botton Up.

Atenção especial deve ser dada à equipe de manutenção. A resistência à união com a produção pode ser grande, colocando qualquer pensamento de mudança em estado de espera.

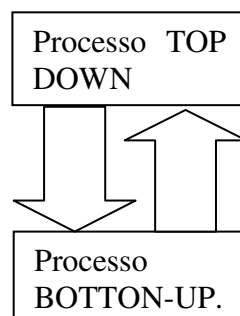


Figura 17 Fluxo de informação, autoria própria.

Para Baldam (2007): “O apoio da alta direção, incluindo a presidência e alto escalão”, são fatores críticos de sucesso em implantações do BPM.

#### Etapa 2: Análise estratégica

Durante este processo, a imagem do modelo deve começar a se desenhar. Os pontos fortes e fracos devem ser colocados em pauta, utilizando para isso o sistema SWOT - Forças e fraquezas uma das partes da análise SWOT, trata dos pontos fortes e fracos da organização, ou seja, de seu ambiente interno. Assim, quando se percebe um ponto forte, devemos ressaltá-lo ainda mais; quando percebemos um ponto fraco, devemos agir para corrigi-lo ou pelo menos para minimizar seus efeitos. O termo SWOT é uma sigla oriunda do idioma inglês; é um acrônimo de Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats).

Cumprir e realizar a análise em separado de cada departamento, primeiramente da produção e posteriormente da manutenção, com o intuito de identificar suas forças e fraquezas, buscando minimizar sempre suas fraquezas. Na tabela 6 está um exemplo de modelo de SWOT para a aplicação.

Tabela 6 SWOT

INTERNA	EXTERNA
FORÇAS LISTAS AS CARACTERÍSTICAS POSITIVAS PODER DE REAÇÃO EQUIPE GESTÃO DO PROCESSO	OPORTUNIDADES LISTAS AS OPORTUNIDADES PARA CRIAR CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO MELHORIAS MUDANÇA CULTURAL
FRAQUEZAS LISTAS AS CARACTERÍSTICAS NEGATIVAS FALTA DE INTERAÇÃO	AMEAÇAS LISTAS AS AMEAÇAS NEGATIVAS BRIGAS FALTA DE FOCO

#### Etapa 3- Modelagem do processo atual

Monitorar o processo tem como objetivo retratar o estado atual da organização para, posteriormente, quantificar e qualificar as mudanças ocorridas nos objetivos da estratégia. O mapeamento de todos os itens relacionados aos departamentos é de suma importância, como os indicadores, as etapas de transição, as trocas de informação, as solicitações, a transferência de tarefa etc.

### 3.3.2 Módulo Objetivo da estratégia

Este módulo mais extenso e determinante está baseado em cinco etapas: Objetivo da nova estratégia, Definição dos novos indicadores de desempenho, Restrição dos indicadores, Fixação dos indicadores e especificações gerais do departamento.

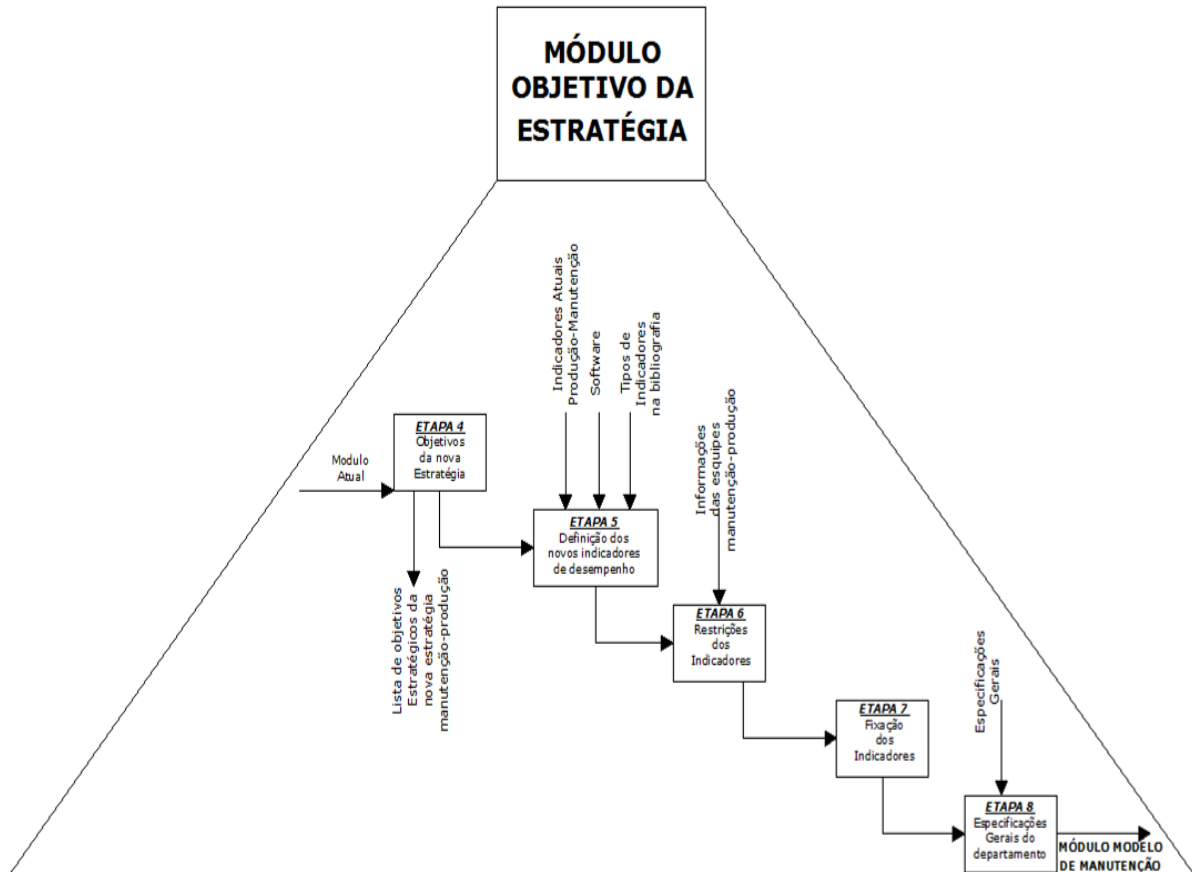


Figura 18 Módulo Objetivo da estratégia, autoria própria

#### Etapa 4 - Objetivos da estratégia

Com o intuito de rever o processo, torna-se necessário a aplicação de uma lista de objetivos da estratégia em estudo, para determinar o modo como a organização irá trabalhar para a aplicação, pensando nos fatores internos e externos (análise SWOT) e nos interesses globais da estratégia industrial.

#### Etapa 5 – Definição dos indicadores de desempenho

A seleção dos indicadores de desempenho deve ser posterior à definição das metas e objetivos da organização. Os indicadores somente agregam valor, quando expressam o caminho que uma organização deseja criar.

Com os objetivos da nova estratégia, é possível determinar os modelos de indicadores necessários para mensurar os dados contidos na estratégia global da industrialização ou da organização. Para isso deve-se determinar a quem deve interferir tais indicadores (público-alvo), a quem deve interessar tais indicadores, qual a escala de fundo para aquisição das informações (tempo de coleta de dados), quais as características a serem mensuradas.

Com estas informações, devem-se listar quais indicadores podem ser controlados, desde que atendam aos requisitos anteriores. Listem-se também quais indicadores já estão sendo utilizados na empresa em estudo, caso haja indicadores.

Metas, orçamentos e previsões são exemplos típicos de padrões de desempenho-alvo, Slack et al (1999). Estes exemplos são os melhores padrões-alvos de que uma empresa possa dispor, por quanto comparados com padrões históricos se apresentam vantajosos.

#### Etapa 6 – Restrições aos indicadores

Entre os indicadores selecionados, devem-se levantar as dificuldades e restrições na sua aplicação; também se devem verificar os requisitos básicos para aplicação.

#### Etapa 7 – Fixação dos Indicadores

É necessário realizar uma comparação entre os indicadores definidos e as dificuldades de aplicação deles, determinando quais indicadores serão utilizados para a medição do desempenho. Verificar com os demais indicadores já aplicados.

#### Etapa 8 – Especificações Gerais

As especificações gerais do processo são necessárias para determinar os parâmetros de afinação da estrutura; através da coleta de dados simples podemos preencher uma série de questões que permitirão afinar o modelo. Na planilha abaixo segue um modelo de parâmetros necessários.

Tabela 7 Especificações Gerais, autoria própria

Especificações Gerais	
Título do Modelo	
Qual a Necessidade?	
Qual o objetivo?	
Como Medir o Objetivo?	
Responsável pela aplicação?	
Benefícios?	
Quais as grandes dificuldades?	
Pontos determinantes? Riscos?	

### 3.3.3 Modelo de Manutenção

Este módulo é formado por duas etapas; Construção e Simulação do modelo têm papel primordial na nova estrutura que neles se desenvolvem.

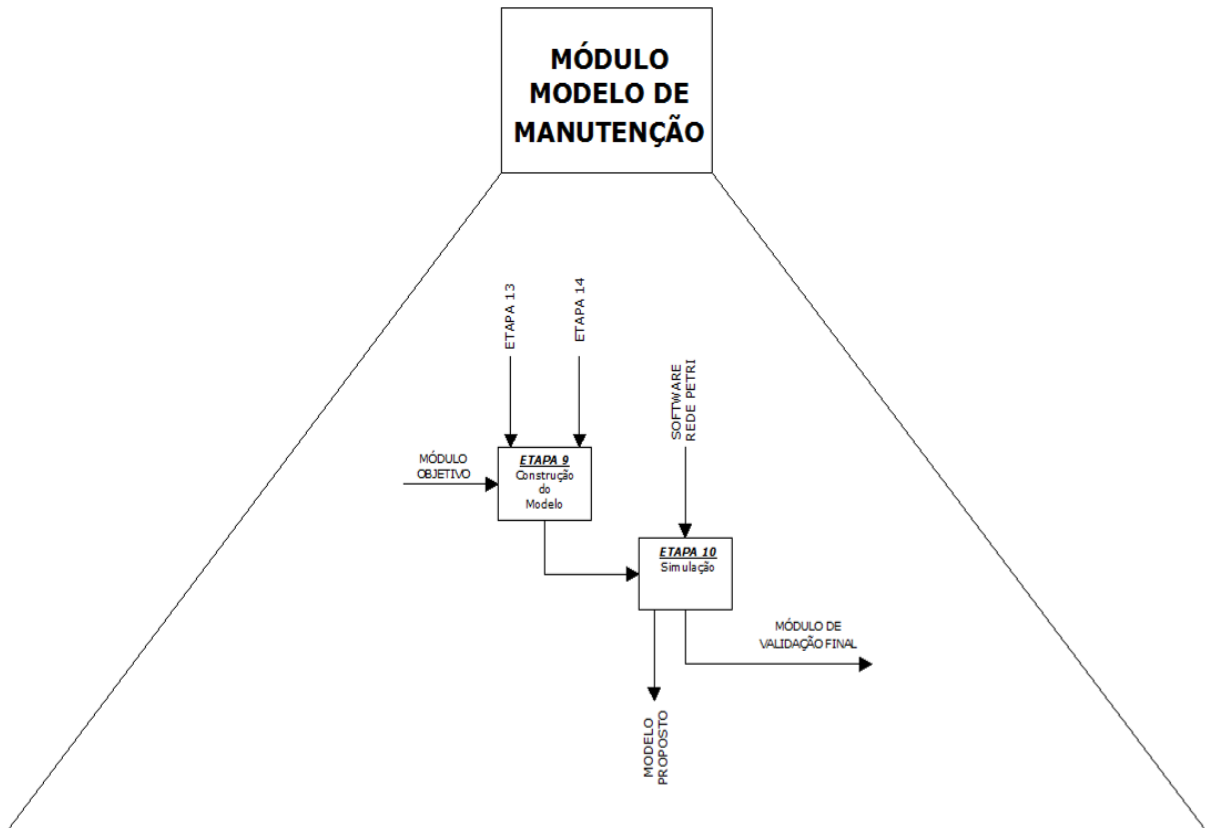


Figura 19 Módulo Modelo de Manutenção, autoria própria

#### Etapa 9 – Construção do Modelo

Nesta etapa, os indicadores já foram definidos; é momento de desenvolver; buscando atender as metas pré-estabelecidas. Com a ocorrência da reestruturação do departamento, torna necessária a modelagem para simular as situações advindas, correndo-se o risco de retornar a etapa de análise da estratégia para reorientar e traçar novamente os rumos. Ponto importante é responder aos objetivos da nova estratégia nesta modelagem. O processo de construção tem uma sequência lógica definida na figura a seguir, é necessário partir da modelagem do processo atual para aprovar o modelo final.

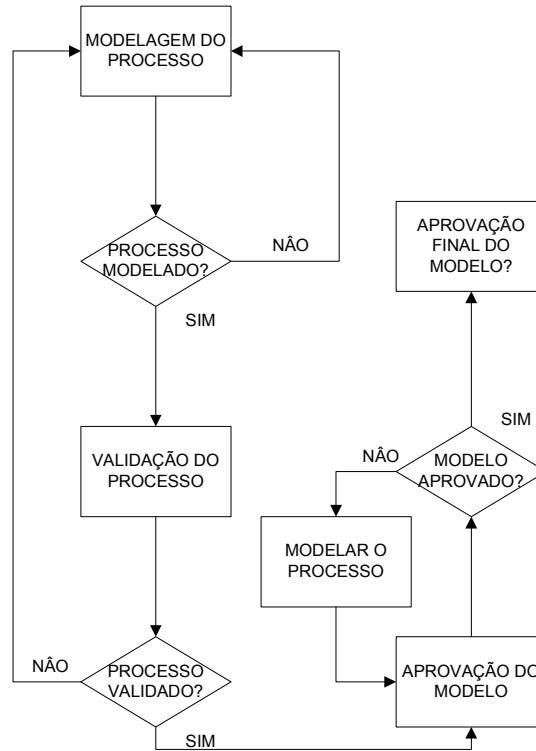


Figura 20 Aprovação do modelo, autoria própria

Para Campos (2007) a modelagem por processos deve ter início com a entrevista de mapeamento com os gestores responsáveis pelo processo, os maiores conhecedores do negócio, iniciando pelos processos de maior prioridade.

#### Etapa 10 – Simulação

Após definido e modelado, é o momento de realizar a simulação do sistema, buscando validação do estudo e a busca de dados para dar andamento ao processo de tratamento das informações. Para isso é possível utilizar softwares de simulação de BPM; neste caso será utilizado o software INCOME.

#### 3.3.4 Módulo de Validação Final

Neste ultimo módulo é realizada a validação final do processo através da prática, colocando à prova o modelo estruturado; através dos indicadores definidos, realiza-se a verificação da conformidade e validade do modelo.



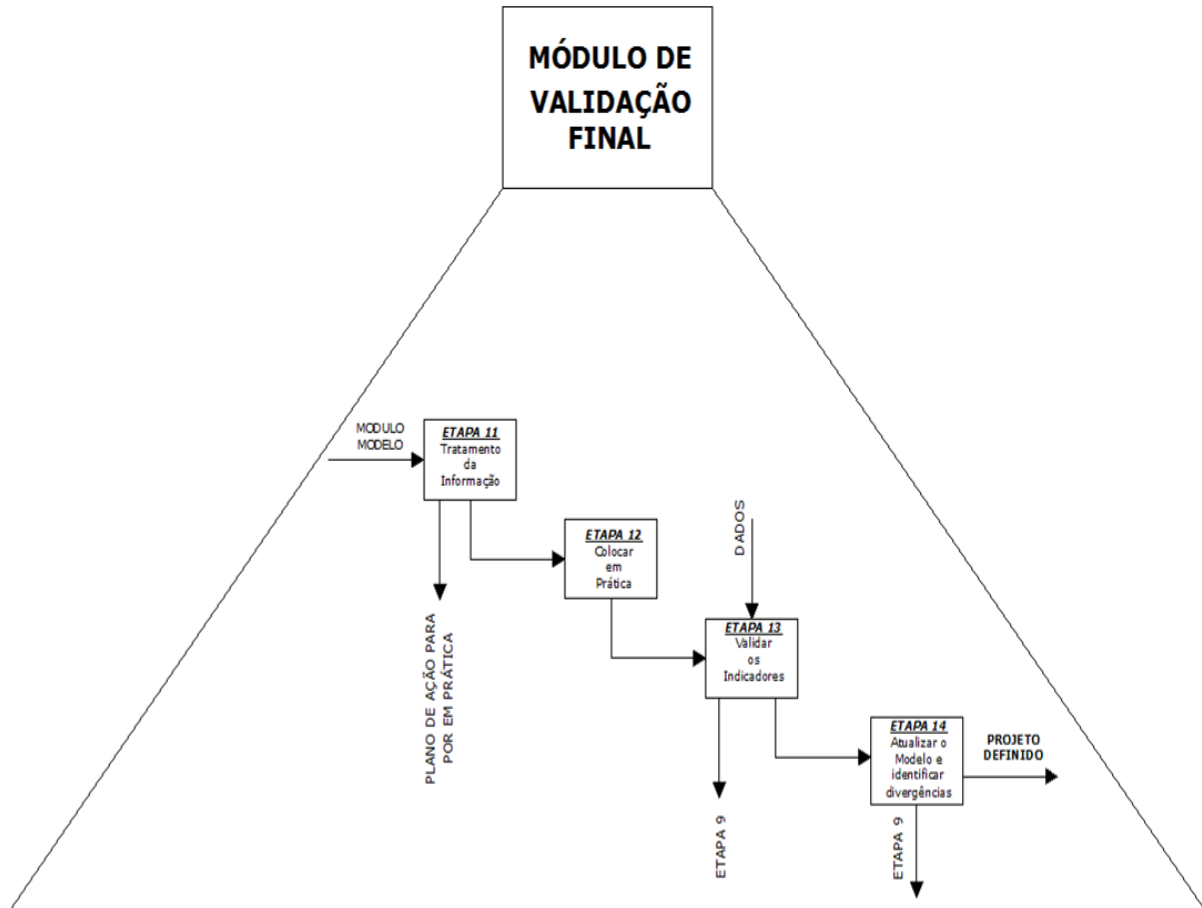


Figura 21 Módulo de Validação final, autoria própria

### Etapa 11 – Tratamento da Informação

Com o modelo em conformidade, os indicadores definidos e sendo monitorados, é necessário aplicar uma tratativa para cada um deles, nos quais o executante deve identificar os pontos fora de objetivo e apresentar soluções que busquem proteger o indicador. O processo de tratamento das informações segue abaixo: temos a coleta de dados como ponto inicial do tratamento, pois não se trata o que não se sabe. Como segundo passo, tem-se a filtragem dos dados, na qual o indicador deve ser cuidadosamente lapidado, para uniformidade da informação. Terceiro passo, análise dos dados na qual as informações obtidas devem receber organização, compilação e reação ao não atendimento dos objetivos, o que torna necessária a viabilização das ações a serem tomadas. Por último, a distribuição das tarefas, que é a execução das ações já definidas na no terceiro passo.

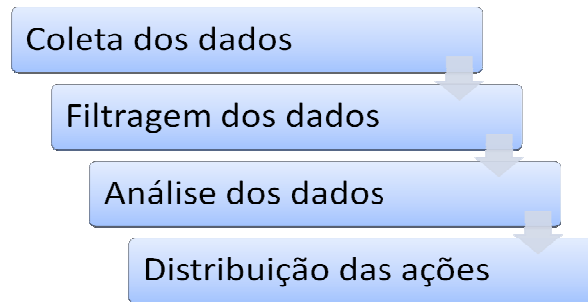


Figura 22 Tratamento das informações, autoria própria

#### Etapa 12 – Colocar em prática

Para validação do modelo torna-se necessário colocar em prática o modelo discutido e validado no sistema. A sua aplicação deve ser amplamente discutida no momento de modelagem e validação do modelo; neste momento não se pode perder tempo fazendo ajustes; é necessário que tudo transcorra conforme planejado; não pode haver divergências, o que torna necessária a mudança do modelo; antes de corrigir na prática, corrigir no modelo é o modo mais seguro de minimizar os erros.

#### Etapa 13 – Validar os indicadores

Com o modelo em funcionamento, é o momento de avaliar os indicadores, se realmente estão sendo eficazes na busca do objetivo macro da corporação. Caso não esteja surtindo efeito, deve-se retornar ao modelo e buscar novos indicadores que possam auxiliar.

Caso os indicadores estejam demonstrando o que se quer ver e estes dados sejam úteis na estratégia, pode-se considerar validados. Pode-se resumir o processo de indicadores de desempenho como uma forma de demonstrar a empresa, como está à realidade desta e os obstáculos que ocorrem no decorrer do dia a dia, tanto como pontos positivos como negativos.

#### Etapa 14 – Atualizar o modelo e identificar as divergências.

A atualização do modelo é necessária para que, no próximo estudo, o modelo atual já esteja montado e condizente, poupando tempo e agilizando as novas mudanças, juntamente com as divergências identificadas entre o modelo e a configuração atual.

SLACK ET AL (1999) nos fala que normalmente as empresas utilizam padrões para julgar seu próprio desempenho, medido por meio de indicadores. Estes padrões são divididos em padrões históricos, padrões de desempenho alvo, padrões de desempenho da concorrência e padrões de desempenho absoluto. Não importando qual o indicador e a comparação feita com os padrões, a importância é a existência de um objetivo factível, integro e usual. Caso

contrário, o meio também cairá em descrédito, pois não será alcançado. Então qual é o objetivo?

### **3.4 Aplicação do modelo na análise dos processos de negócios**

#### 3.4.1 Introdução

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa multinacional do ramo de autopeças, fornecedora das grandes montadoras mundiais. Tal empresa está localizada na região metropolitana de Curitiba; é composta de cinco fábricas no Brasil.

Devido ao acesso fácil ao pessoal da empresa, pelo conhecimento no processo de negócio e a facilidade de documentos e a necessidade de aplicação de um modelo de manutenção descentralizada, escolhida tal empresa para a exemplificação do processo.

#### 3.4.2 Aplicação do Modelo

##### 3.4.2.1 Manutenção descentralizada na unidade Planta Metal

Como comentado nos objetivos específicos, o trabalho tem como idéia o estudo do modelo de manutenção descentralizada em indústrias, com o objetivo de melhoria estratégica da unidade, buscou-se apresentar uma solução voltada à produção e manutenção. Na empresa escolhida, buscou-se simular o processo de transferência de manutenção centralizada para manutenção descentralizada, como forma de exemplificar o modelo na busca da melhoria estratégica industrial.

##### 3.4.2.2 Módulo Atual da organização

Com o modelo apresentado neste trabalho, a exemplificação ocorrerá com a simulação das etapas propostas anteriormente que seguem.

##### Etapa 1: Disseminação da Idéia

O Objetivo desta etapa é buscar o apoio da empresa, principalmente da alta direção, que precisa demonstrar apoio à equipe de mudança. Buscar evidenciar as possíveis mudanças e melhorias, através da estrutura forte que será criada, com os indicadores que servirão de base para a melhoria. O objetivo do projeto não é aplicar o modelo na prática, apenas ilustrá-

lo e simular em software, apresentando a ideia à empresa. No caso de uma resposta positiva no futuro realizar a aplicação do modelo.

Neste ponto é necessário que a ideia seja absorvida. Para isso apresentar os benefícios, as desvantagem e compará-las; caso apresente melhoria sustentável, a empresa pode aplicá-la, caso contrário é necessário estruturar melhor a proposta. No caso da empresa Metal, a idéia a ser “vendida” é a integração entre manutenção e produção no sistema chamado de manutenção descentralizada, tendo como objetivo principal a melhoria estratégica, que dá a empresa um diferencial importante.

## Etapa 2: Análise estratégica

Esta etapa tem como objetivo realizar um estudo minucioso na empresa, buscando um entendimento da estrutura e do ambiente em estudo. Para tal foi necessário realizar as atividades seguintes:

- Estudar os documentos da produção
- Estudar os documentos da manutenção
- Entender o processo fabril e de manutenção
- Entrevistar as equipes relacionadas
- Identificar os processos chaves
- Podemos deixar aqui delineados alguns pontos importantes:

Processo produtivo da empresa está baseado no JUST IN TIME, e apresenta fluxo puxado de produção, no qual se produz quando o cliente pede, mantendo um estoque mínimo de segurança. Por se tratar de peças de alto valor agregado, a empresa mantém estoque mínimo que chega a apenas horas na frente do cliente.

O portfólio de clientes é grande, fornecendo para as grandes montadoras de veículos, com processos e produtos distintos. A empresa apresenta linhas dedicadas para cada cliente e processo, apresentando grande número de equipamentos industriais para atender ao processo. Existem equipamentos de solda, pintura, montagem do produto.

O processo de manutenção está baseado em duas vertentes: manutenção corretiva, corretiva programada e manutenção preventiva. Tais processos são administrados por um software de manutenção, que faz a geração das ordens de preventivas e armazena dados de corretivas.

### 3.4.2.2.1 A análise SWOT

A Análise SWOT é ferramenta utilizada para fazer análise dos ambientes, sendo usado como base para gestão e planejamento estratégico de uma corporação ou empresa, mas podendo, devido a sua simplicidade, ser utilizada para qualquer tipo de análise de cenário. A Análise SWOT é um sistema simples para posicionar ou verificar a posição estratégica da empresa no ambiente em questão.

A determinação da análise SWOT foi focada nos dois departamentos, buscando identificar o que cada departamento acrescenta e diminui dentro da estrutura da empresa. Na tabela 7 foi determinada a análise.

Tabela 8 Aplicação da análise SWOT

INTERNA	EXTERNA
<p><b>FORÇAS</b></p> <p>Equipe de manutenção estruturada e com bons conhecimentos nos equipamentos de produção.</p>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Transferência de tarefas, da manutenção para a produção, com base no TPM onde o operador é o dono do equipamento e do equipamento é ele que cuida.</p>
<p><b>FRAQUEZAS</b></p> <p>Rotatividade nas equipes de produção; não proporciona a vivência da produção com seus equipamentos.</p>	<p><b>AMEAÇAS</b></p> <p>Desentendimento entre produção e manutenção, devido à falta de objetivos comuns. Com risco de não atendimento dos objetivos gerais.</p>

### Etapa 3: Modelagem do processo Atual

O objetivo principal desta etapa é identificar os pontos de ganho ou melhoria dentro do processo. Por este motivo modela-se o sistema. Com o objetivo secundário tem-se a necessidade de conhecer o objeto e determinar as suas etapas internas. Através do estudo de campo, buscando dados, informações cruciais, etapa de processos, fluxos de informações, desenha-se o modelo atual.

Os departamentos em estudo são: a produção e manutenção, ambos interdependentes um do outro. A produção está baseada nos fluxos de produção e na necessidade de atender ao pedido dos seus clientes; a manutenção está baseada nas solicitações da produção e tem o objetivo de não parar os equipamentos.

#### 3.4.2.2.2 Processo fabril

A empresa conta com aproximadamente 700 funcionários efetivos, distribuídos em duas estruturas distintas. Vamos trabalhar com a unidade chamada “Planta Metal”, que detém grande parte da mão de obra direta e indireta e apresenta maior volume e faturamento. Esta unidade está dividida em duas, cada parte gerenciada por um gerente industrial, que detém clientes externos; o outro gerente que atende clientes internos (outras unidades próprias de fabricação alocadas nas montadoras).

As linhas de produção são divididas pelos clientes, como GM, PSA, Renault, FIAT e VW, não sendo compatíveis entre elas por se tratar de produtos e clientes distintos. Cada linha apresenta um supervisor de produção, que gerencia equipes de produção, as quais são divididas em grupos de 8 colaboradores, sendo um deles líder de equipe. Cada supervisor pode ter até quatro grupos, não ultrapassando o número de vinte e cinco colaboradores.

Cada supervisor responde pela suas linhas e tem seus objetivos cascadeados da direção e gerência; ele administra uma série de indicadores para garantir o atendimento dos desejos de seus clientes. Tais objetivos estão baseados no QCDP. Com estes objetivos a empresa busca atender aos clientes, funcionários e seus acionistas.

Existem os demais departamentos, chamados de departamentos de apoio da produção, entre eles está a manutenção industrial, que é base para o estudo; este departamento hoje é estruturado por um gerente de manutenção, uma equipe de vinte e nove pessoas distribuídas nas seguintes funções:

Tabela 9 Lista de colaboradores, fonte empresa

Quantidade de pessoas	Função
4	Técnicos em Eletrotécnica
5	Técnicos em Mecânica
2	Técnicos em Ferramentaria
6	Ajustadores de processo
2	Robotista
1	Técnicos em Automação
2	Líderes de equipe
1	Técnico (Engenharia)
2	Estagiários de Engenharia
2	Almoxarifes
1	Serralheiro
1	Eletricista Predial

Esta equipe de apoio é responsável por todos os processos de manutenção que são divididos em:

- Manutenção corretiva;
- Manutenção corretiva programada;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- TPM;
- Manutenção predial.

A manutenção corretiva é classificada como sendo toda a intervenção realizada pela equipe que não é previamente planejada, ocorrendo uma interrupção no fluxo de produção, o start da manutenção é feita pela produção através da Ordem de Serviço – OS.

A manutenção corretiva programada é classificada como sendo toda a intervenção realizada pela equipe que busca a solução de um distúrbio nos equipamentos de produção que não estão afetando o ritmo de produção e a qualidade do produto, podendo postergar a sua correção para algum dos intervalos: almoço, janta, troca de turno etc.

Manutenção Preventiva é a intervenção programada pela engenharia de manutenção que ocorre de tempos em tempos com o intuito de prevenir a quebra do equipamento com a substituição de algumas peças predeterminadas.

Manutenção preditiva é toda a intervenção que busca identificar problemas futuros através do acompanhamento e monitoração de alguns itens predeterminados, o técnico, através de um gráfico de acompanhamento, coleta dados do equipamento e acompanha seu desgaste, prevendo exatamente quando o mesmo irá quebrar, realizando a substituição da peça desgastada.

O processo de TPM não está amplamente difundido na empresa, mas existem linhas de produção que já estão implantando o sistema de cartões TPM, que cria rotinas de trabalhos preventivos tanto da produção como da manutenção.

A manutenção predial realiza todos os processos de manutenção citados, buscando a solução de problemas da área industrial da empresa como exaustores, compressores, iluminação, segurança etc.

#### 3.4.2.2.3 Mapeamento do processo de manutenção

A manutenção neste momento está focada na correção de problemas, principalmente porque os equipamentos existentes dentro da empresa não são padrões; mais de 90% dos equipamentos foram concebidos para o produto da empresa; neste processo ocorreu uma disparidade da qualidade dos equipamentos que buscavam atender aos cadernos de encargos e aos volumes de produção, mas não atenderam à qualidade de manutenção, tornando-se equipamentos não confiáveis, com baixos níveis de disponibilidade e de difícil manutenibilidade. Outro ponto importante neste processo é a agressividade do processo da planta baseado na solda arco e solda resistência existente em 100% das linhas, sendo nestes o maior nível de quebras.

Com todos estes problemas, o foco de toda a manutenção atualmente está voltado à corretiva, mas não é por menos; não se pode deixar a produção parar, mas isso acarreta o esquecimento da melhoria contínua, ou pelo menos fica em segundo plano. Isso também faz com que a equipe se esqueça do foco da melhoria e busque ser um mantenedor de corretivas; não foi difícil perceber quem é o melhor mantenedor; é o técnico que conhece a máquina e sabe resolver seus problemas rapidamente.

#### 3.4.2.2.4 Fluxos de informação Top Down

Para o processo de manutenção a gerência de produção atua como parceria, a manutenção responde diretamente ao diretor geral do grupo, todas as informações de caráter corporativo vêm da direção, não sendo manipuladas pela gerência de produção. O gerente de



manutenção compila estas informações e distribui aos líderes de equipe da manutenção e à engenharia de manutenção e estes fazem a disseminação.

#### 3.4.2.2.5 Fluxos de informação Base Up

Neste caso, é contrário, todas as informações que são cruciais e importantes para o grupo de manutenção são informadas ao gerente de manutenção, mas nem todas estas informações chegam à direção; grande parte destas informações são filtradas pela gerência, que tenta resolver internamente. Caso ocorra problema grave ou de custo elevado, é claro que será informada a direção.

As tomadas de ação são realizadas pela equipe com aval da direção. Grande parte do tempo despendido na solução de problemas ocorre entre os líderes, engenharia e o gerente de manutenção; o foco destas reuniões apresenta problemas e soluções que ocorreram nos últimos dias. A equipe se reúne cada 15 dias e realiza tais reuniões. A produção não é envolvida.

#### 3.4.2.2.6 Troca de informações entre produção e manutenção.

No início de cada dia realiza-se uma reunião entre as gerências da empresa para discutir problemas do dia. Cada gerente descreve seus problemas e discutem-se soluções. A Gerência de produção puxa a reunião, cobra as ações e se coloca à disposição para auxiliar na solução.

#### 3.4.2.2.7 Pior problema

Nas palavras do gerente de manutenção, o pior problema do seu departamento é excessivo gasto de eletrodos de solda; modelos de eletrodos mal desenvolvidos custam caro, além de não serem padrão, tempo de entrega elevado, altos estoques para atender a demora das aprovações de requisição, que também afeta a manutenção, porque nunca tem o material na hora certa. O líder de equipe falou abertamente que o seu pior problema é a máquina chamada de Fase 1, "*Ela vive quebrando, para muito*". Eles têm um problema de volume de produção, pois esta máquina faz 1000 carros dia, isso segundo eles é muita peça.

O gerente deve administrar os custos de manutenção e almoxarifado geral da empresa; também gerencia consumíveis de produção, como marcadores industriais, tinta spray, ferramentas, etiquetas de rastreabilidade etc. A gestão acontece através do software de ERP, alimentado com todo o estoque de almoxarifado; por lá são realizados os pedidos de compra de material e a gestão de meus custos, caso não tenha saldo preciso de autorização da direção

geral para garantir a compra. Caso contrário, o departamento de compras não autoriza a compra.

Para a produção o pior problema de manutenção é garantir a qualidade do produto. Precisamos estar sempre em manutenção, os dispositivos não suportam ou não recebem boas preventivas que garantam a conformidade do meu produto. Com tudo isso, preciso manter várias pessoas que operam e executam manutenções nos nossos equipamentos, como substituição de pinos, eletrodos, batentes, posicionadores etc.

#### 3.4.2.2.8 Programa de ideia de melhorias

A empresa detém um sistema de idéia de melhorias implantado. Neste ultimo mês, mais um dos colaboradores da manutenção foi o ganhador de um prêmio em dinheiro, que bonifica a maior quantidade de ideia e a melhor ideia. Tem também outros trabalhos de redução de custos com redução de gás e ar comprimido; também o processo de redução de energia junto à Copel; após um projeto, ela financiou a substituição de todas as lâmpadas da empresa por outras de melhor rendimento. O colaborador me falou do formulário; me explicou como preencher e disse que é um programa para a melhoria da empresa e que boas ideias implantadas pelo colaborador concorrem a um prêmio.

#### 3.4.2.2.9 Objetivos da manutenção

Através de uma reunião entre o gerente de manutenção e o diretor industrial ocorre um processo chamado de avaliação e metas semestrais, que torna possível a avaliação do gerente e a apresentação da direção dos objetivos esperados pela empresa para com a manutenção no próximo semestre. Por exemplo, neste semestre os objetivos são:

- Implantação de TPM em 100% das linhas;
- Ganho de 1 MOI;
- Redução de estoque de almoxarifado em 12%;
- Redução do consumo de energia em 10%;
- Desenvolver o projeto para atender a NR-10;

Com estes objetivos traçados, posso desenvolver meu trabalho e atender às minhas metas perante a minha direção.

Em conversa, os líderes de equipe da manutenção me explicaram que seus objetivos são não deixar máquinas paradas por mais de 40 minutos, porque eles precisam abrir PA e

reportar a parada ao gerente, também tem como objetivo atingir 100% das preventivas e ainda realizar melhorias de equipamentos.

#### 3.4.2.2.10 Objetivos da produção

A produção atende aos mesmos quesitos de preencher o OAR. Neste caso a gerência tem com a direção geral um processo de OAR, que é cascadeado aos gerentes de unidade e estes cascadeiam para os supervisores de produção e equipe suporte. Os objetivos da unidade 1 entrevista são:

- MPM de 1200.
- Implantar sistema de qualidade indicador nos grupos de produção.
- PPM de 15.
- Absenteísmo de 0,92%.
- Produtividade de quatro MOD.

Em conversa com os operadores de produção, foi colocado que o objetivo da empresa é produzir peças atendendo aos objetivos do meio ambiente, da segurança, com baixo custo, explicando-me que este é o texto da campanha para a ISO TS 16949; a empresa tem certificação. O outro colaborador coloca que o seu objetivo é produzir as 300 peças do modelo direito durante o seu turno, todas com qualidade e não pode ter retrabalhos; disse que esta informação quem passou foi seu supervisor, que controla a sua produção através de um quadro que ele preenche hora a hora.

#### 3.4.2.2.11 Gestão dos equipamentos da empresa

Segundo a gerência de manutenção, a produção participa com pouco foco na manutenção dos equipamentos de solda e montagem. Eles se limitam a apenas a limpar a área de trabalho e, uma vez por semana, limpam os dispositivos. O processo de 5S existe, temos quadros de 5S nas linhas, onde existe um líder que puxa as ações para chegar ao 5º S, mas isso não funciona para dispositivos de solda e para as máquinas; eles não realizam bem a limpeza.

A mesma pergunta foi feita à produção e a resposta veio através da apresentação do quadro de 5S e as instruções de como realizá-lo em equipamento de rebtagem. Para equipamentos de solda a limpeza geral ocorre sempre as sextas feiras ou quando pára algum equipamento por falta de matéria prima ou quebra por manutenção.

## 3.4.2.2.12 Formação da equipe de gestão da empresa

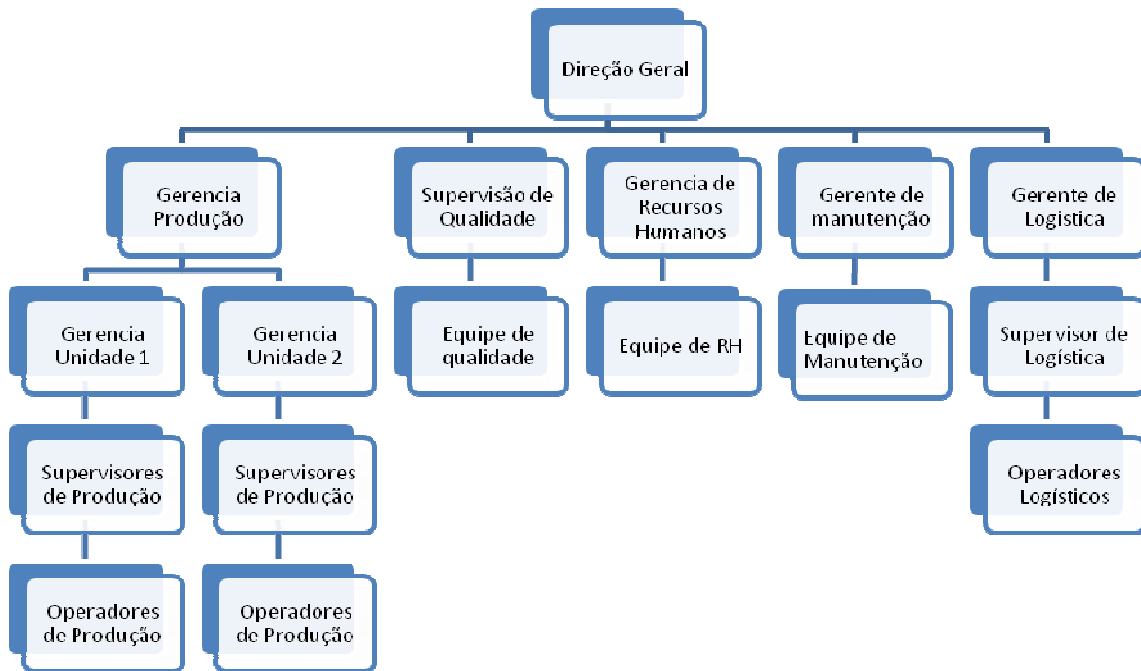


Figura 23 Organograma Geral, fonte empresa

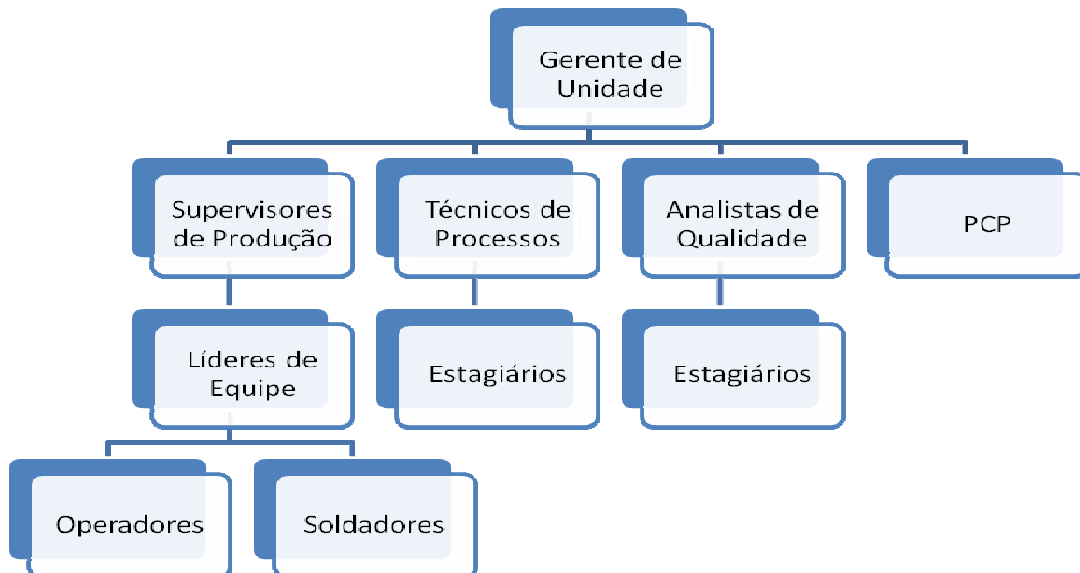


Figura 24 Organograma da unidade 1, fonte empresa

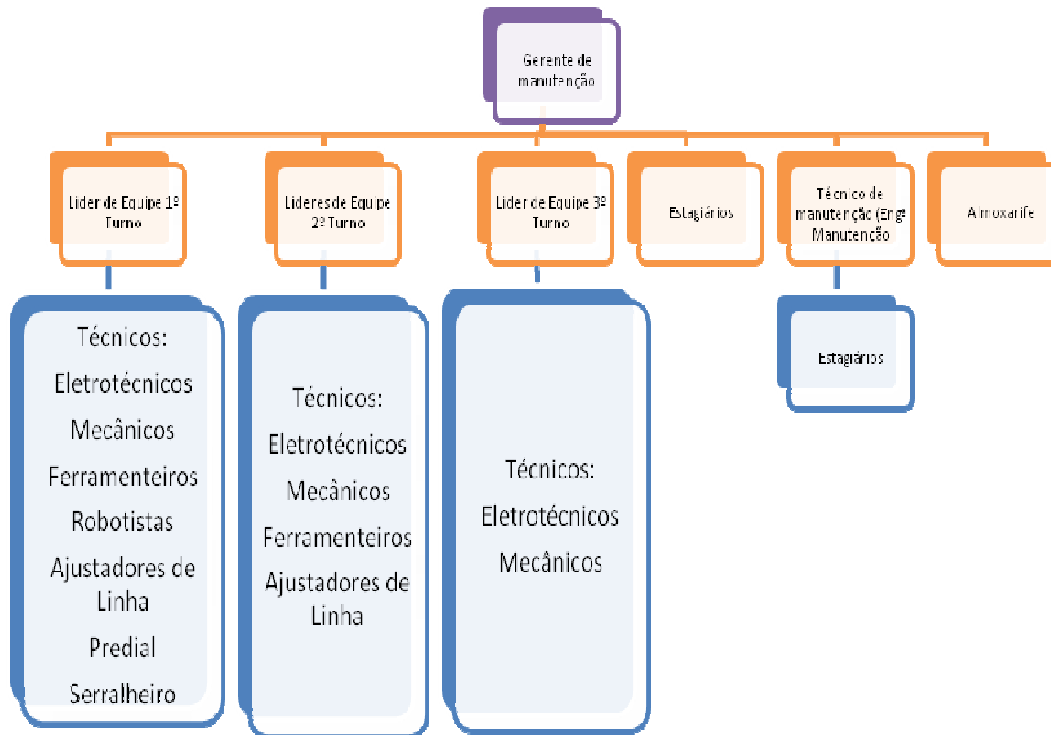


Figura 25 Organograma da manutenção, fonte empresa

#### 3.4.2.2.13 Indicadores de manutenção

Atualmente o departamento de manutenção utiliza como indicadores para a melhoria apenas um gráfico com o somatório de horas paradas no mês de cada equipamento da empresa. Neste gráfico busca-se a solução dos três piores equipamentos parados. Como prevenção, utiliza-se também um critério de gerar um PA, quando um equipamento ficar parado por mais de 40 minutos. Todo este processo realimenta o sistema de preventiva, que busca sempre resolver o problema antes que ele volte a ocorrer novamente.

#### 3.4.2.2.14 Indicadores de produção

O departamento de produção, sendo de extrema importância para o negócio da empresa, apresenta uma série de indicadores que controlam todo o processo produtivo, do número de peças produzidas ao número de falta de colaboradores no mês corrente. Segue abaixo uma lista de indicadores levantados na empresa; são considerados de suma importância para o negócio, todos estão baseados no QCDP.

PPH – Indicadores de produção que indica quantas peças boas foram produzidos por hora disponível.

PPM – Indicador de qualidade da linha; indica o nível de qualidade, expressa em parte por milhão.

MPM - Indicador logístico, mostra que a produção está sendo realizada no momento em que o cliente deseja. Ou seja, tenho o produto pronto, quando o cliente quer.

Taxa atendimento PDP – Taxa em percentual que indica quanto está programado para ser feito e quanto realmente foi feito.

TRS – Taxa de rendimento sintético é uma relação direta entre o quanto foi produzido, pelo tempo em que o equipamento ficou disponível para a produção; neste indicador a disponibilidade de equipamento interfere.

Absenteísmo – Indicador de quantidade de faltas pela quantidade de presenças

Horas extras – Indicadores de horas extras

Sucata – Indicador de sucata relata o custo em R\$ de sucata.

Retrabalho – Indicador de qualidade que informa a quantidade de peças que sofreram retrabalho, fora do fluxo normal de operação.

Com estes indicadores a produção consegue supervisionar seus processos produtivos, atendendo ao QCDP; busca a melhor forma de executar os produtos, garantindo entregas, no menor custo, com a melhor qualidade e com a total integração de seus colaboradores. Todos os indicadores são alimentados pelos líderes de equipes que calculam e preenchem os formulários que ficam localizados nos painéis das linhas de produção. Posteriormente estes indicadores são compilados em um quadro de gestão a vista, chamado de SD.

#### 3.4.2.2.15 Fluxos de tarefas

Os processos de informação e fluxos de tarefas estão modelados nas figuras 31 a 34, onde é possível visualizar o fluxo de trabalho.

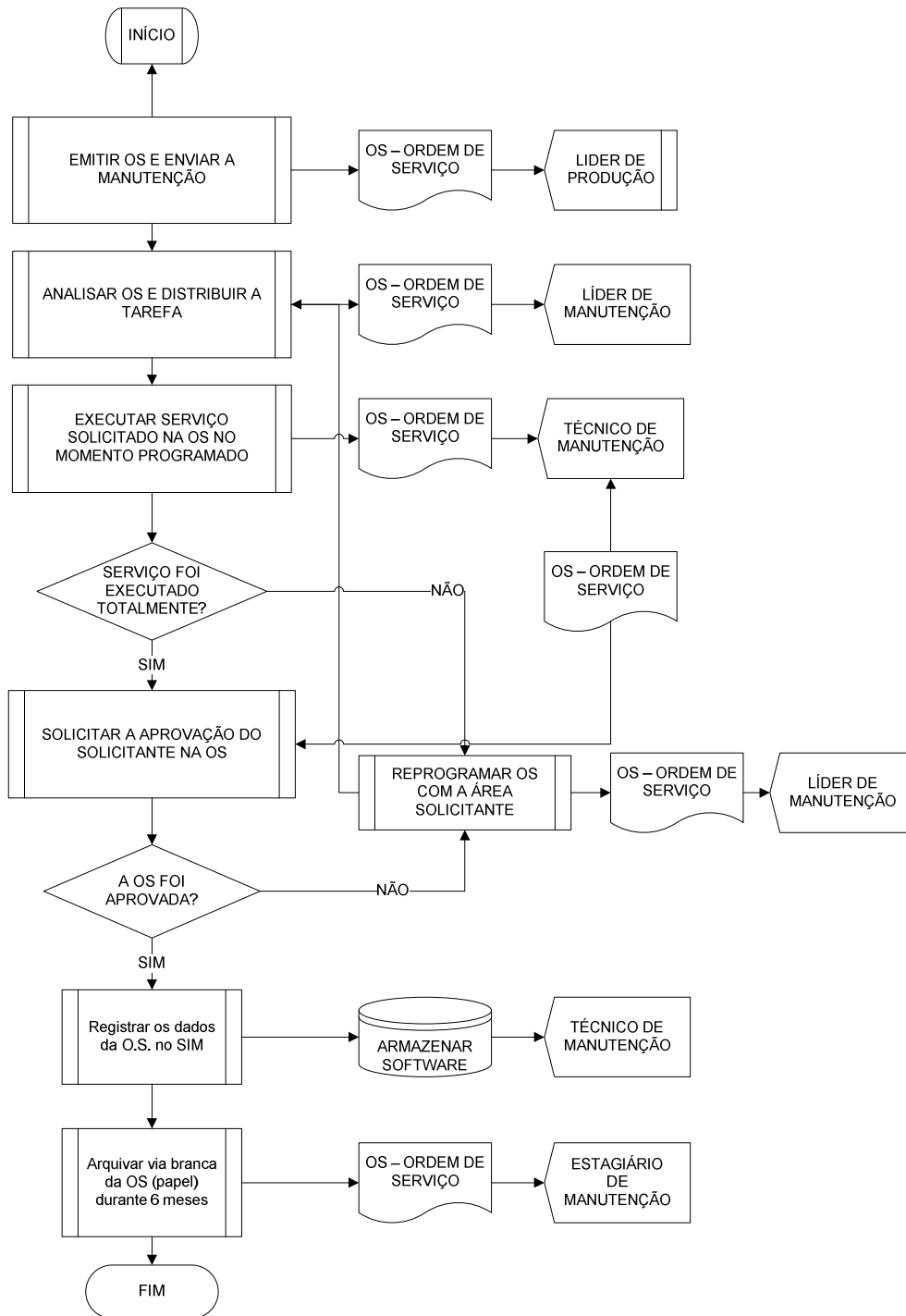


Figura 26 Fluxograma corretiva programada

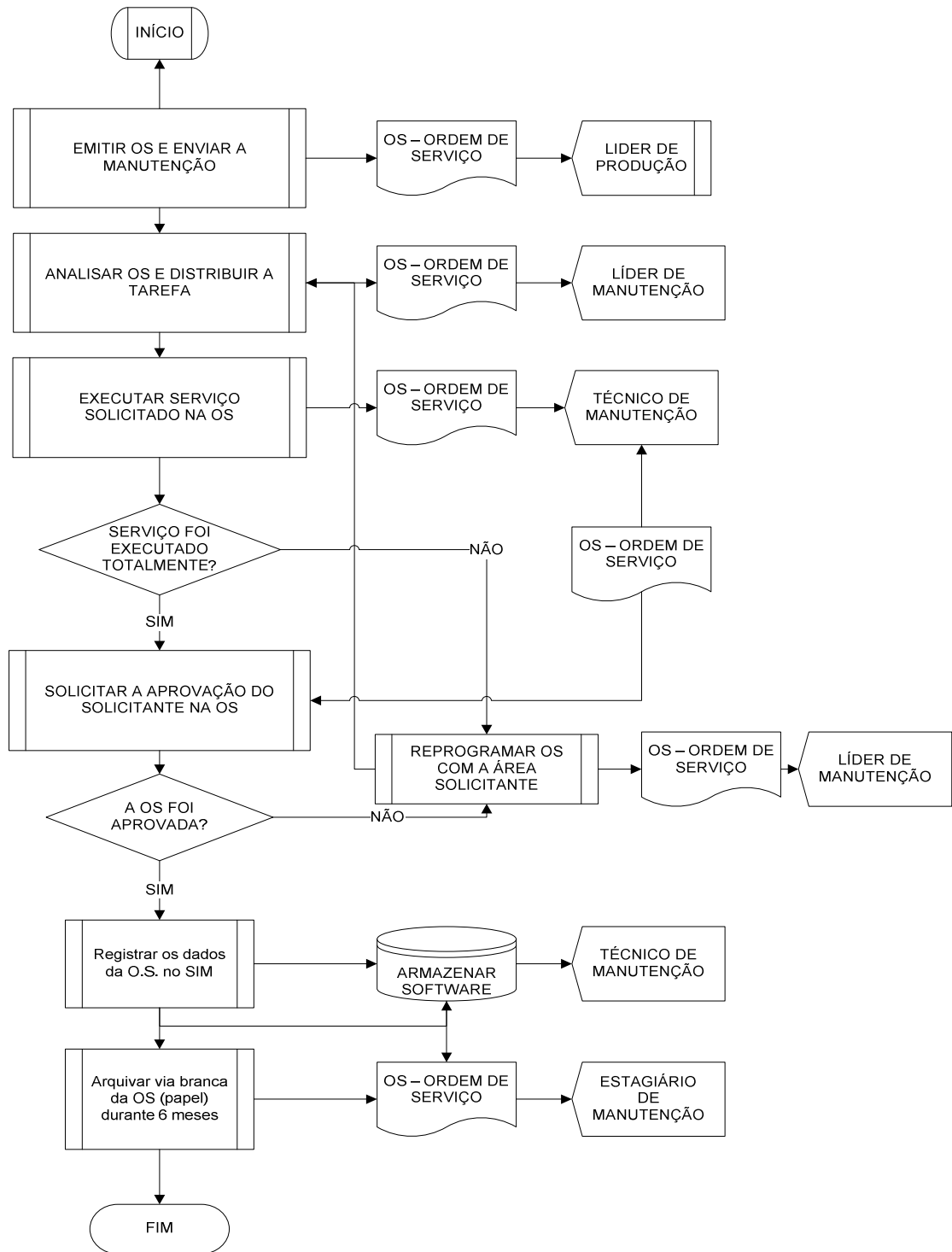


Figura 27 Fluxograma da atividade de manutenção corretiva



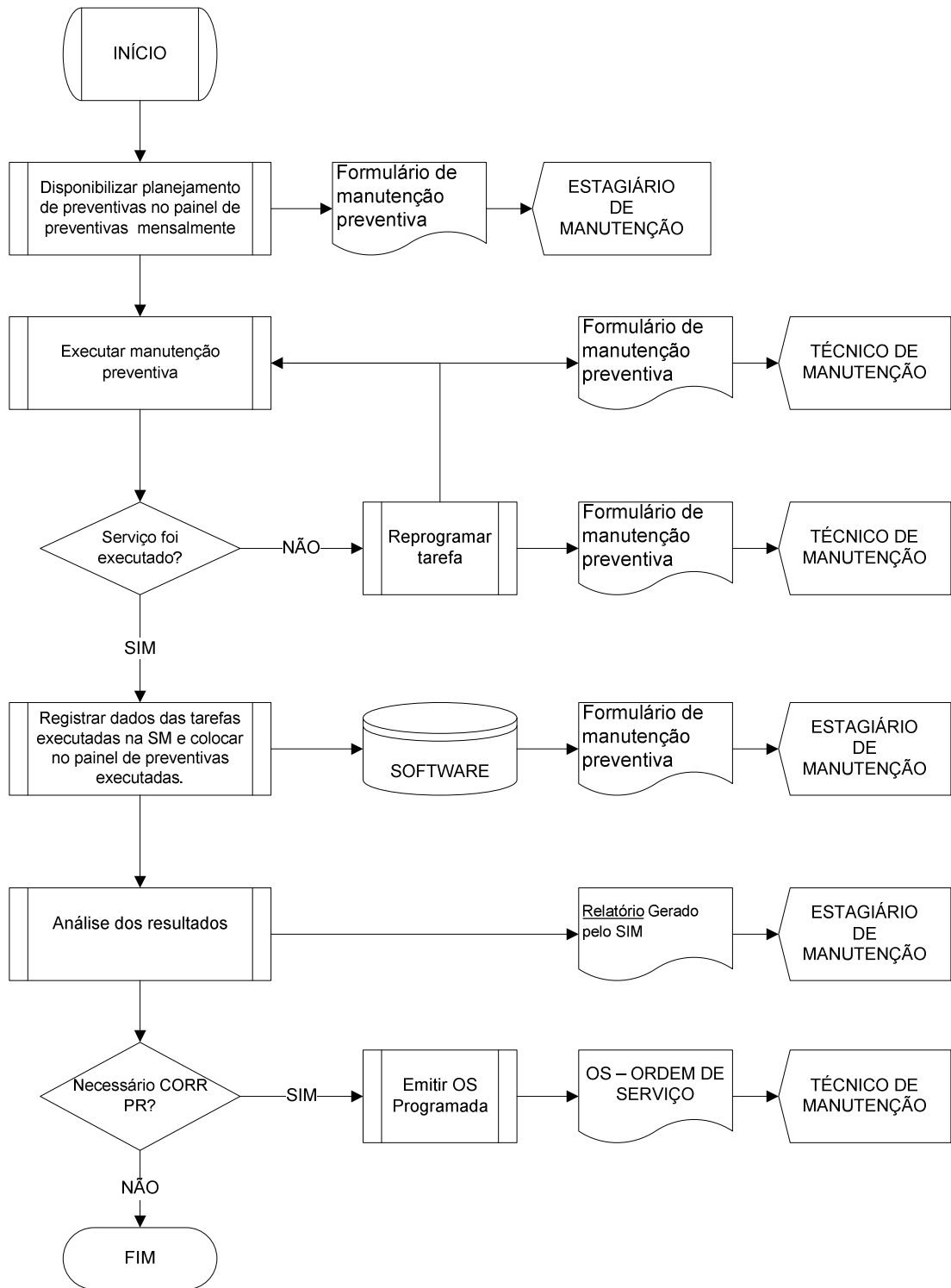


Figura 28 Fluxograma da atividade de manutenção preventiva

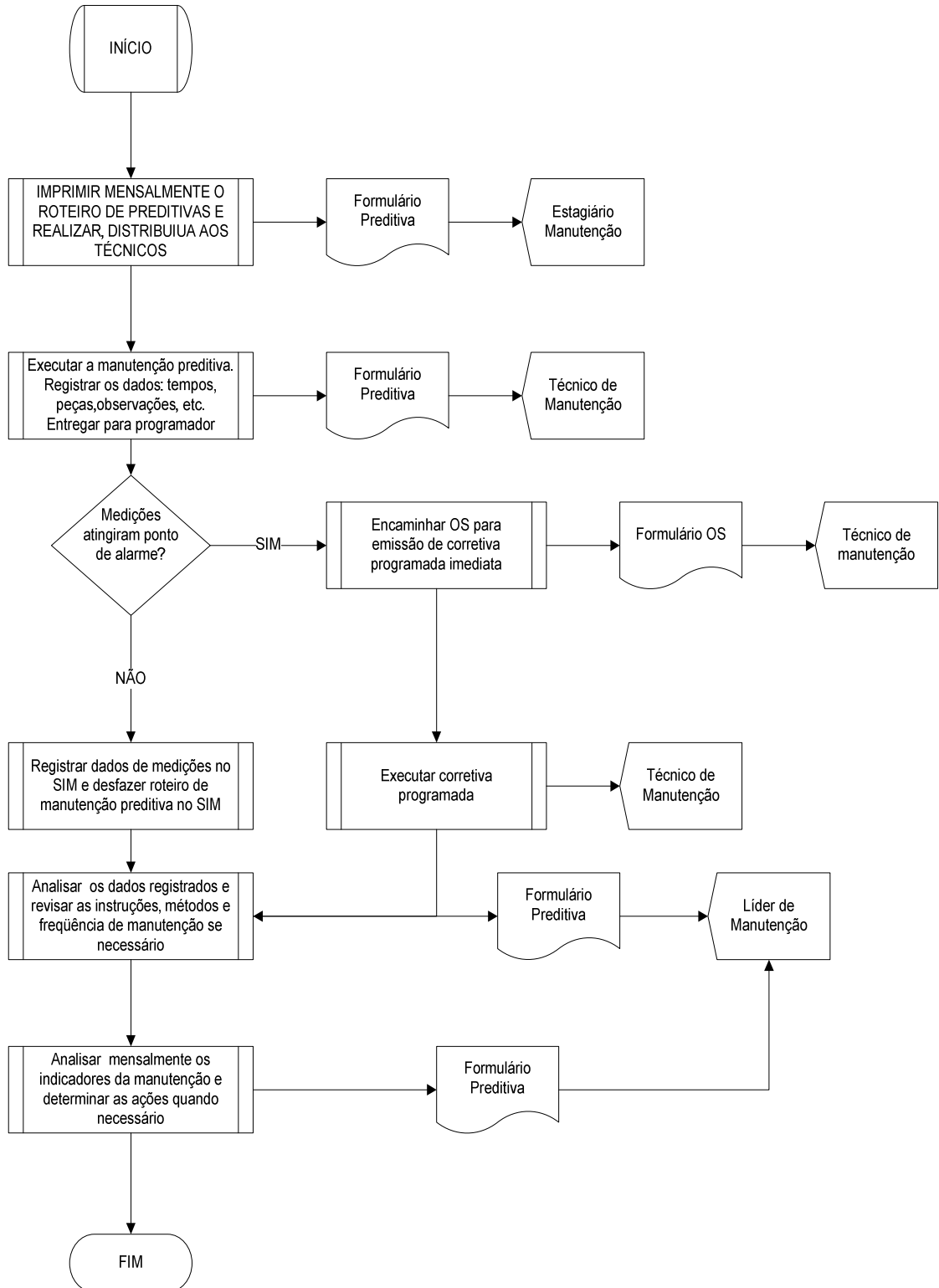


Figura 29 Fluxograma da atividade de manutenção preditiva

### 3.4.2.3 Módulo 2 – Módulo Objetivo

#### Etapa 4 - Objetivos da estratégia

Esta etapa busca determinar os objetivos estratégicos que serão tomados para a melhoria do modelo atual, construído para que seja possível desenhar o modelo futuro. Neste caso, o estudo na manutenção tem como objetivo aplicar um tipo de estrutura descentralizada na empresa em estudo.

O objetivo principal é a integração do departamento manutenção na estrutura de produção, com o objetivo de buscar a interação dos dois setores, reduzindo os problemas de máquinas e as paradas de linha, utilizando a mesma estrutura. A meta deve ser determinada e planejada, para que os indicadores que serão determinados sejam realmente aplicáveis e eficazes no monitoramento.

#### Lista de Objetivos

Integrar a manutenção à produção, proporcionando a transferência de conhecimento entre os setores.

Criar maior participação da produção com os equipamentos.

Criar uma cultura de “zero quebra” na manutenção, tornando a equipe parte do objetivo de produzir peças.

Redução de custos.

Redução da rotatividade da equipe produção e manutenção, buscando uma vivência maior com o processo produtivo.

Criar um ambiente mais harmonioso dentro da empresa, reduzindo os desentendimentos e o tempo gasto com discussões e utilizá-los na resolução de problemas.

#### Etapa 5 – Definição dos indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho têm uma função específica de orientar como a empresa se comporta e comparar o status atual com os objetivos traçados anteriormente, em que é possível realizar o monitoramento e corrigir com ações algo que parece fora ou tendendo fugir dos objetivos e que esteja interferindo diretamente nos objetivos da estratégia. No estudo de caso, não serão mantidos indicadores já aplicados na empresa, mas serão utilizados outros indicadores de desempenho que demonstram a interação da produção com manutenção.

Indicador de percentual de utilização de mão de obra nas corretivas, preventivas e preditivas.

MTBF – Tempo médio entre falhas; o indicador será utilizado para a identificação dos tempos entre ocorrências de quebra do equipamento, a busca de um tempo mais espaçado implica um tempo maior para a quebra; conseqüentemente o equipamento torna-se mais confiável.

MTTR – Tempo médio de reparo, demonstra qual o tempo médio que a equipe de manutenção demora em colocar o equipamento quebrado novamente em condições de operação; quanto menor este tempo, antes o equipamento volta a trabalhar.

Disponibilidade – demonstra qual o tempo de equipamento disponível para a produção, indicador usado nos pontos chaves; os equipamentos de alto volume e grande nível de quebra precisam de um tempo maior de produção e conseqüentemente um menor nível de quebras. Este indicador será utilizado como consequência para determinar um indicador mais global, que envolva todo o processo produtivo o OEE.

OEE – Eficiência global do equipamento, o indicador é baseado em três vertentes: disponibilidade, performance e qualidade; é perceptível que os dados que formam o OEE não são baseados em manutenção, mas manutenção interfere diretamente nestes três. Caso qualquer um deles não esteja condizente, o processo produtivo estará com problemas e conseqüentemente a manutenção irá atuar no equipamento.

Os indicadores de produção diretamente ligados à manutenção são:

PPH – Indicadores de produção, que indicam quantas peças boas foram produzidas por hora disponível; será interferido diretamente pela quebra de equipamento, demonstrado também no indicador de disponibilidade e OEE.

MPM - Indicador logístico que mostra que a produção está sendo realizada no momento em que o cliente deseja, ou seja, tenho o produto pronto quando o cliente quer. Caso ocorra a quebra de um equipamento, posso não produzir no momento correto; os indicadores de MTTR e OEE podem demonstrar este problema.

TRS – Taxa de rendimento sintético é uma relação direta entre quanto foi produzido, pelo tempo em que o equipamento ficou disponível para a produção; neste indicador a disponibilidade de equipamento interfere.

Horas extras – Indicador de horas extras, quebra de equipamento pode gerar horas extras para repor o tempo parado.

Sucata – Indicador de sucata relata o custo em R\$ de sucata, medido pelo OEE.

Retrabalho – Indicador de qualidade que informa a quantidade de peças que sofreram retrabalho, fora do fluxo normal de operação, medido pelo OEE.

Estes indicadores, tanto de manutenção como os de produção, podem cobrir as áreas de atuação desta unidade. Em outros casos, é possível utilizar outros indicadores. Os indicadores devem ser implantados conforme o foco que cada empresa tem como objetivo, podendo haver mais ou menos indicadores, desde que o que eles estejam medindo possa ser utilizado para a identificação da causa raiz e a sua solução.

#### Etapa 6 – Restrições dos indicadores

Com a implantação de indicadores, podem ocorrer problemas relacionados à cultura da empresa na identificação de suas necessidades de monitoramento e a efetiva utilização para proveito próprio, a exatidão dos dados também é ponto importante neste processo.

#### Etapa 7 – Fixação dos Indicadores

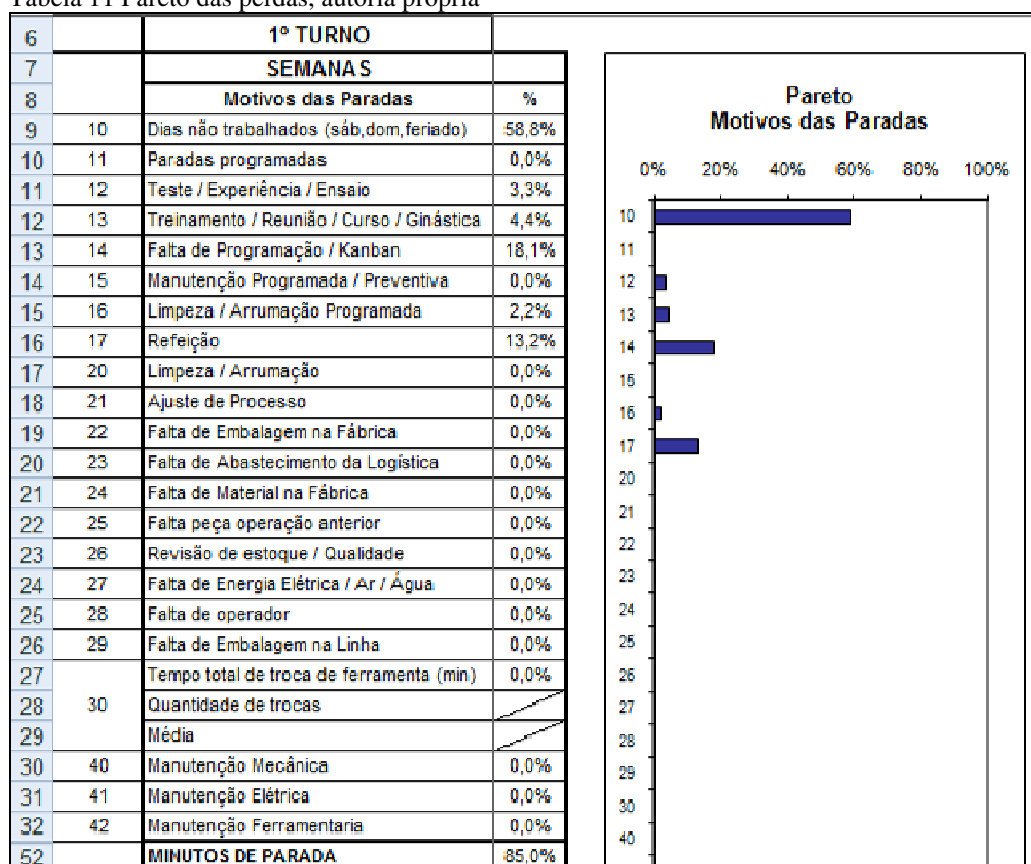
A fixação dos indicadores será possível pelo acompanhamento diário da gerência, através de visita ao quadro de indicadores, para avaliar como está o andamento dos indicadores e rever as ações a serem tomadas para a solução. Para auxiliar uma conformidade nos lançamentos, será utilizada uma planilha eletrônica, que auxiliará na coleta dos dados. Na figura 10, criou-se um único lançamento que auxiliará a produção a lançar sua produção; a manutenção fará a coleta de dados diretamente. Indicadores de manutenção que afetam diretamente a produção serão lançados por eles para comparação com a coleta de dados realizada pela manutenção.

Entre a necessidade de coletar dados foi desenvolvida uma tabela para a coleta de dados de produção com uma série de informações que serão lançadas pela produção. Através de compartilhamento será possível visualizar estes dados via arquivo Excel. Nas tabelas 10 e 11 há exemplos da planilha e gráfico de Pareto para determinar maior problema.

Tabela 10 Coleta de dados, autoria própria

6	1º TURNO																																	Tt	%	
7	SEMANAS																																			
8	Motivos das Paradas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Tt	%	
9	10	Dias não trabalhados (sáb,dom,feriado)																																	0	0,0%
10	11	Paradas programadas																																	0	0,0%
11	12	Teste / Experiência / Ensaio																																	0	0,0%
12	13	Treinamento / Reunião / Curso / Ginástica																																	0	0,0%
13	14	Falta de Programação / Kanban																																	0	0,0%
14	15	Manutenção Programada / Preventiva																																	0	0,0%
15	16	Limpeza / Arrumação Programada																																	0	0,0%
16	17	Refeição																																	0	0,0%
17	20	Limpeza / Arrumação																																	0	0,0%
18	21	Ajuste de Processo																																	0	0,0%
19	22	Falta de Embalagem na Fábrica																																	0	0,0%
20	23	Falta de Abastecimento da Logística																																	0	0,0%
21	24	Falta de Material na Fábrica																																	0	0,0%
22	25	Falta peça operação anterior																																	0	0,0%
23	26	Revisão de estoque / Qualidade																																	0	0,0%
24	27	Falta de Energia Elétrica / Ar / Água																																	0	0,0%
25	28	Falta de operador																																	0	0,0%
26	29	Falta de Embalagem na Linha																																	0	0,0%
27	30	Tempo total de troca de ferramenta (min)																																	0	0,0%
28	30	Quantidade de trocas																																	0	0,0%
29	30	Média																																	0	0,0%
30	40	Manutenção Mecânica																																	0	0,0%
31	41	Manutenção Elétrica																																	0	0,0%
32	42	Manutenção Ferramentaria																																	0	0,0%
52	<b>MINUTOS DE PARADA</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	
53	<b>MINUTOS TRABALHADOS</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
54	<b>MINUTOS DISPONÍVEIS - TOTAL</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	TRS	TAXA DE RENDIMENTO SINTÉTICO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
57	1-PP	1- PARADAS PROGRAMADAS (DIAS TRAB)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabela 11 Pareto das perdas, autoria própria



Com a necessidade de determinar indicadores para o controle, na tabela 12 há uma lista com os indicadores que tem uma relação entre produção e manutenção que podem interferir diretamente nos objetivos estratégicos da corporação.

Tabela 12 Indicadores, autoria própria

Indicadores de Manutenção	Indicadores de Produção
OEE	PPH
MTTR	MPM
MTBF	Sucata
Disponibilidade	Retrabalho
Mão de Obra	TRS

## Etapa 8 – Especificações Gerais

Tabela 13 Especificações gerais

Especificações Gerais	
Título do Modelo	Absorção da manutenção pela produção
Qual a Necessidade?	Melhorar a integração entre os setores
Qual o objetivo?	Realizar a integração da manutenção e produção, buscando a melhoria no processo produtivo
Como Medir o Objetivo?	Através dos indicadores de desempenho
Responsável pela aplicação?	Gerentes de produção e a direção
Benefícios?	Benefícios esperados são uma melhora gradativa nos indicadores monitorados
Quais as grandes dificuldades?	A equipe de manutenção aceitar a fazer parte da produção
Pontos determinantes? Riscos?	Os objetivos bem traçados, e o monitoramento constante dos indicadores e a sua aplicação

### 3.4.2.4 Módulo 3 – Módulo Modelo de Manutenção

#### Etapa 9 – Construção do Modelo

O estudo de modelo está baseado na manutenção descentralizada. Deve ser estudada a sua aplicabilidade na empresa Metal. O modelo atual está na figura 23. Tal modelo nos auxilia na construção do modelo proposto; deixa de existir o departamento de manutenção, integrando a equipe e estrutura a equipe de produção; os técnicos respondem ao gestor da área de produção. Como a empresa está dividida em duas partes, a equipe será dividida em duas partes, não em mesmo número. A figura 30 abaixo, nos mostra como será a estrutura hierárquica da planta com o modelo de manutenção descentralizada.



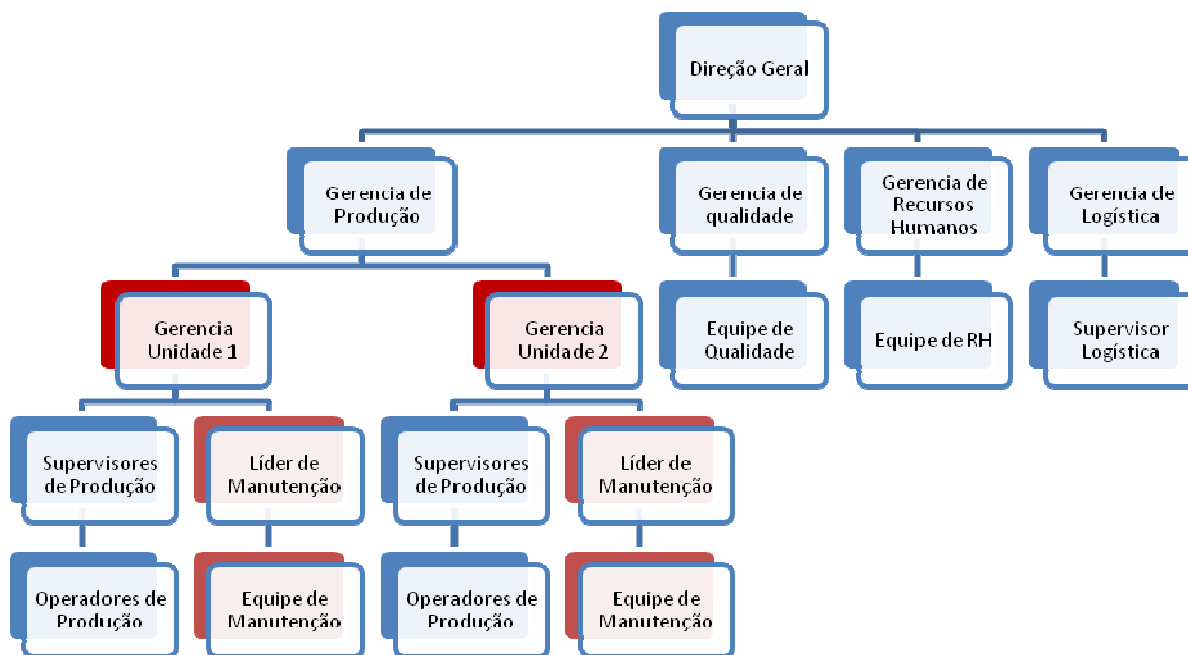


Figura 30 Novo Fluxograma de produção

Percebe-se que a equipe de manutenção faz parte da equipe gerenciada pela produção através da Gerencia de unidade um e dois. Estes dois gerentes têm uma equipe de técnicos que foi dividida, sendo o responsável pela unidade um que está com 60% dos técnicos de manutenção. Esta formação foi necessário devido ao turno da noite que existe apenas nesta unidade.

Na figura 31, a pessoa do gerente de manutenção deixou de existir. Quem faz este papel é o gerente de unidade com a equipe reduzida; neste caso temos um líder de manutenção para cada unidade em horário administrativo; os técnicos em mecânica, elétrica, ferramenteiros etc. respondem ao líder de equipe. A área de manutenção de engenharia fica dividida ao meio; já o almoxarife não é alterado, ele estará a responder à produção e atender em turnos de produção.

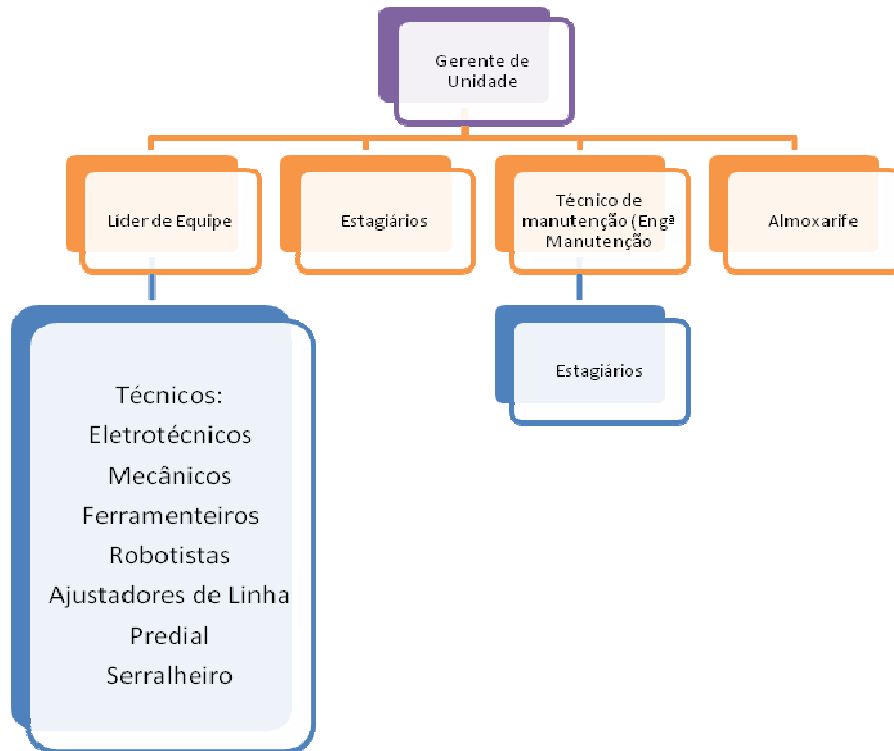


Figura 31 Gerência de Unidade

A estrutura macro de cada unidade fica formada na próxima figura 32, na qual se evidencia e existência de equipe de manutenção.

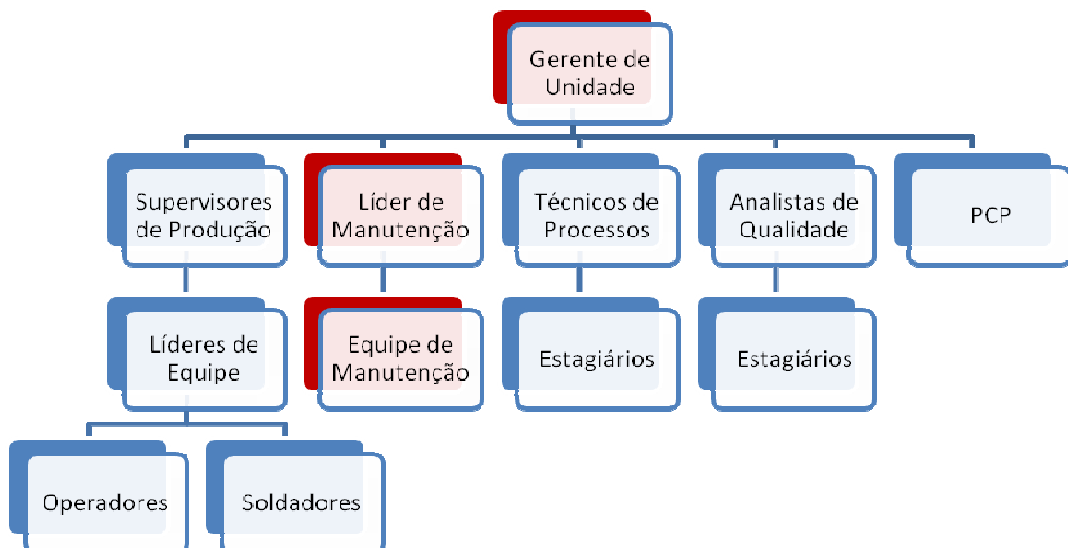


Figura 32 Gerência de Unidade

Com a mudança é necessária a confecção de novos fluxos de processo. Esta modelagem está exemplificada na próxima figura 33, na qual é modelada já em redes de Petri, na qual é possível simular o modelo posteriormente. Nesta mesma figura, segue o fluxo de informação modelada, um processo TOP DOWN, em que a informação advinda da direção chega ao chão de fábrica passando por todos os processos.

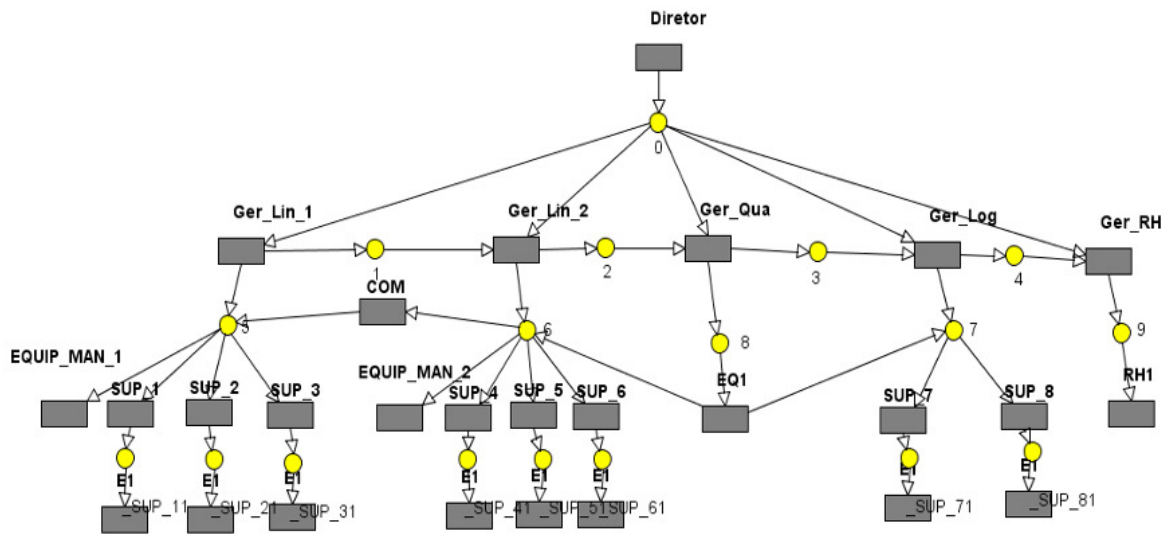


Figura 33 Modelagem, autoria própria

Na figura 34 segue o fluxo de lançamentos e coletas de informações. Neste caso, o exemplo é fluxo de indicadores OEE e indicadores de mão de obra, dois fluxos que interferem diretamente na produção.

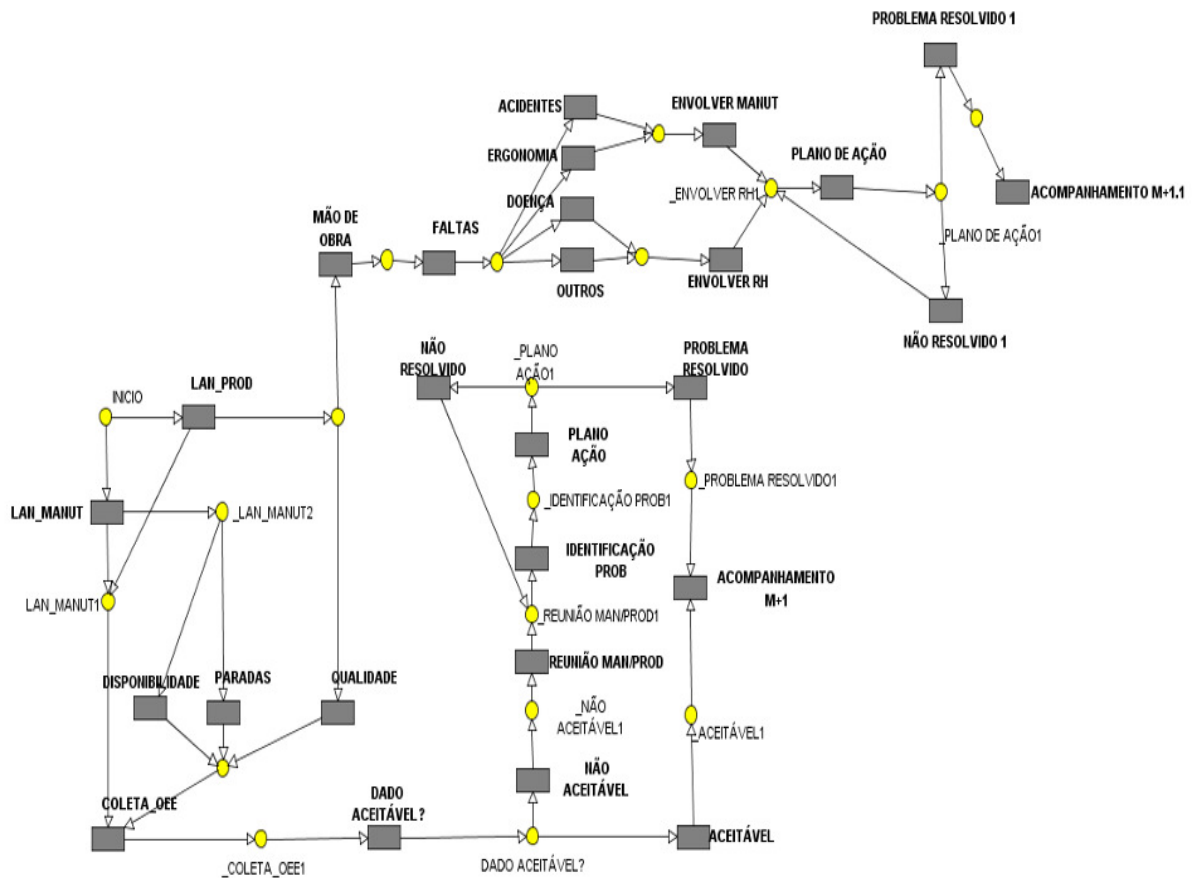


Figura 34 Modelagem Indicadores

Na próxima figura segue o fluxo de trabalho para a execução de uma corretiva em um equipamento, relacionado ao fluxo chamado de manutenção (ordem de serviço).

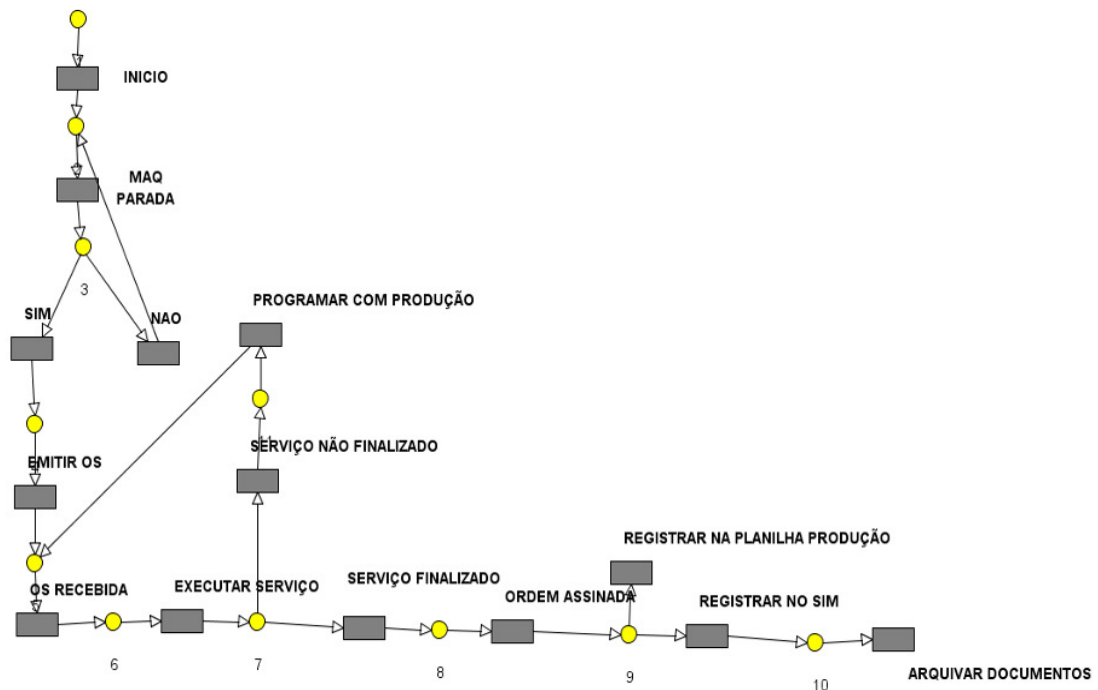


Figura 35 Modelagem Corretivas

A simulação está realizada para as operações que envolvem manutenção e produção; segue abaixo os modelos simulados:

- Fluxo de almoxarifado
- Fluxo de corretivas programadas
- Fluxo de corretivas
- Fluxo de preditivas
- Fluxo de preventivas
- Fluxo de definição de equipamentos críticos Fase 0
- Fluxo de definição de equipamentos críticos Fase 1
- Fluxo de definição de equipamentos críticos Fase 2
- Fluxo de definição de equipamentos críticos Fase 3
- Fluxo de validação de equipamentos novos
- Fluxo de realização e implantação de TPM
- Fluxograma de atividades de manutenção
- Fluxograma de atividade de produção
- Fluxograma de Ordem de serviço
- Coleta de dados de indicadores

- Fluxo de realização, validação e documentação de modificações de equipamentos
- Fluxo de plano de ação
- Fluxo de informações, ordens e dados em TOP DOWN
- Fluxo de informações e dados em Botton UP

Foram criados “Roles” ou regras, em que definiu-se as pessoas que realizam as tarefas; temos na figura 36 um exemplo referente ao ajustador de linha.

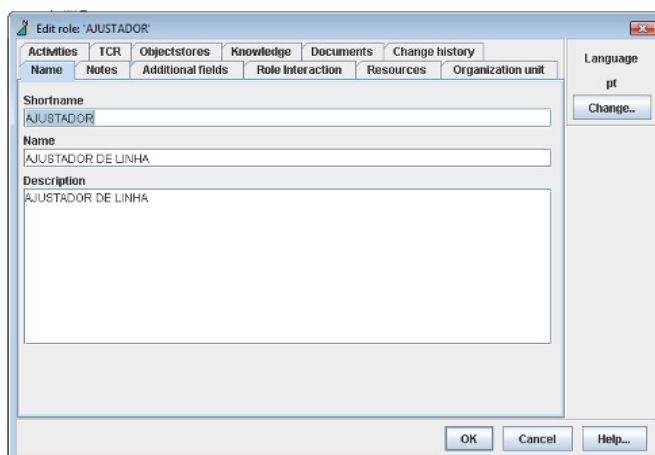


Figura 36 Roles "ajustador"

A interação com cada etapa do processo foi determinada em “Activities”; neste caso na figura 37 temos os registros, os problemas determinados, ordem de serviço etc.

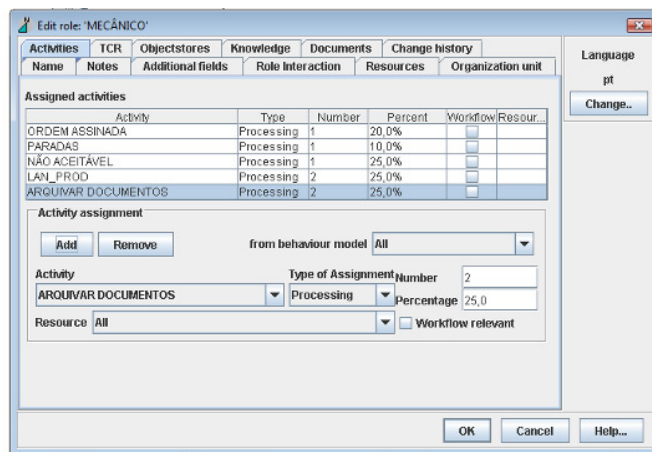


Figura 37 Roles Mecânicos

Com a execução da modelagem do processo torna-se necessária a validação do processo através de entrevista com a empresa para explanar o estudo de caso e a sua aplicação. Nestas etapas valida-se o modelo, aprova-se o modelo final, fechando o ciclo de trabalho de modelagem.

### Etapa 10 – Simulação

A simulação é responsável por mensurar o processo de modelagem do sistema, em que através da comparação de parâmetros, é possível identificar as melhorias e/ou gerar novas mudanças no modelo definido. A simulação do modelo ocorre com a utilização do próprio software de Petri. Neste caso se utiliza o software INCOME.

Na próxima figura 38, está o modelo de fluxo de corretiva não programada em simulação; através da determinação de alguns parâmetros de processo foi possível realizar a simulação e verificar a sua aplicação.

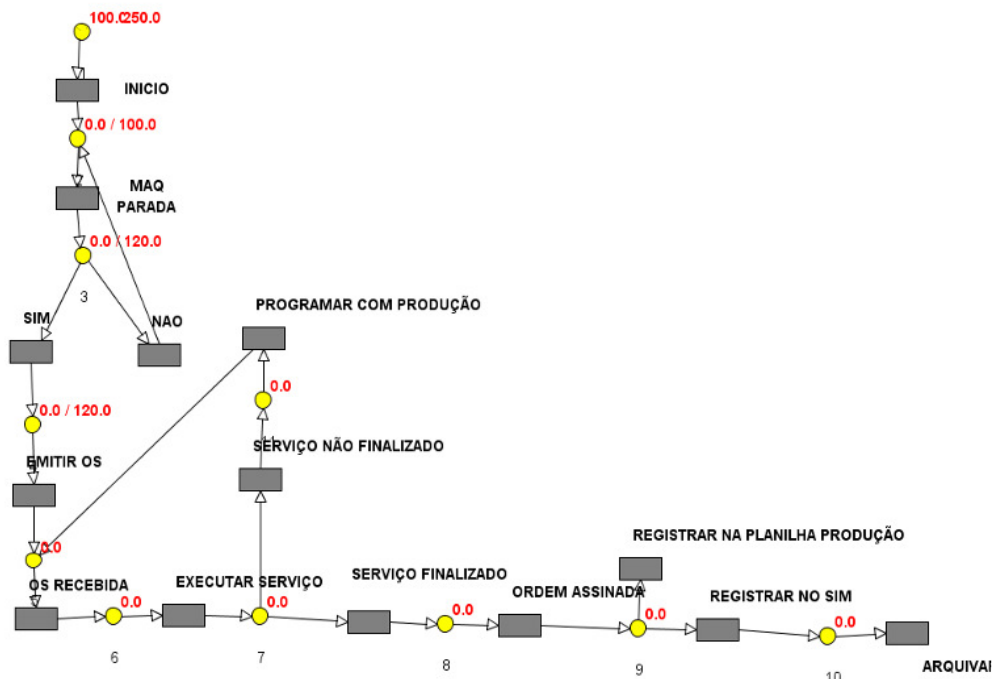


Figura 38 Simulação

Inseriram-se custos e tempo despendido para a realização da ação. Figura 39.

Costs	Minimum	Average	Maximum
per time unit	5,0	6,0	7,0

Figura 39 Dados inseridos

Inseriram-se tempos mínimos, médios e máximos para a execução da tarefa figura 40.

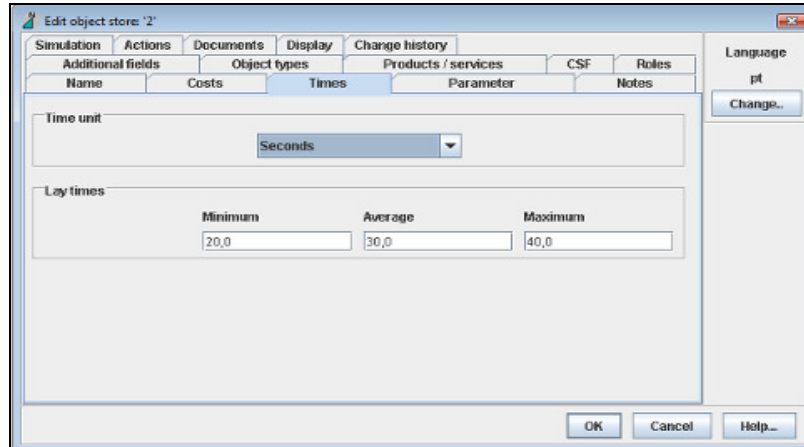


Figura 40 Dados Inseridos "tempo"

Inseriram-se parâmetros de capacidade e percentual de uso desta capacidade. Figura 41.

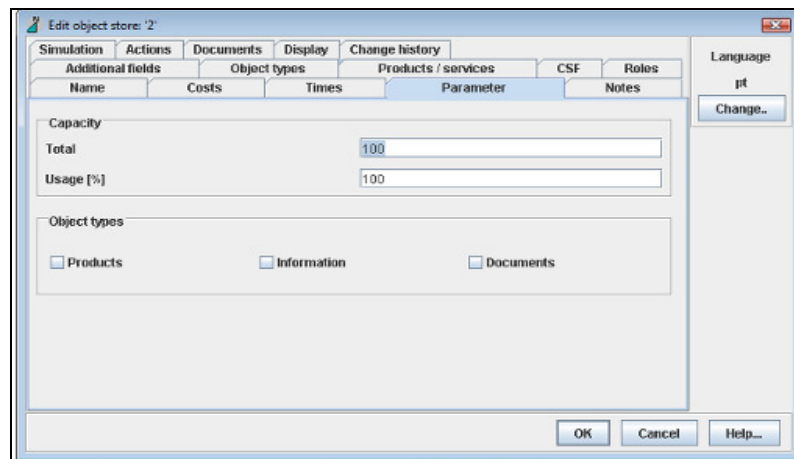


Figura 41 Dados inseridos "capacidade"

Adicionou-se "Roles" que são as funções de comando. Neste caso é uma função do operador de produção. Figura 42.

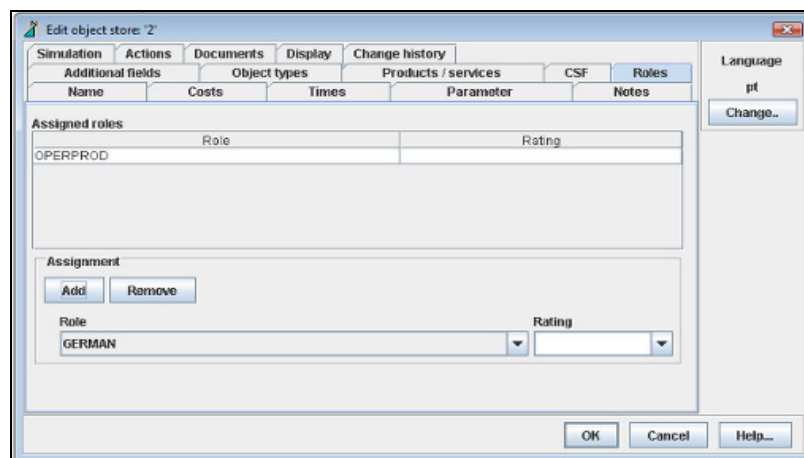


Figura 42 Relação entre Roles e atividades

Na pasta "simulations" ficou definido que o processo, nesta operação, seria FIFO, (primeiro a chegar é o primeiro a sair). Figura 43.

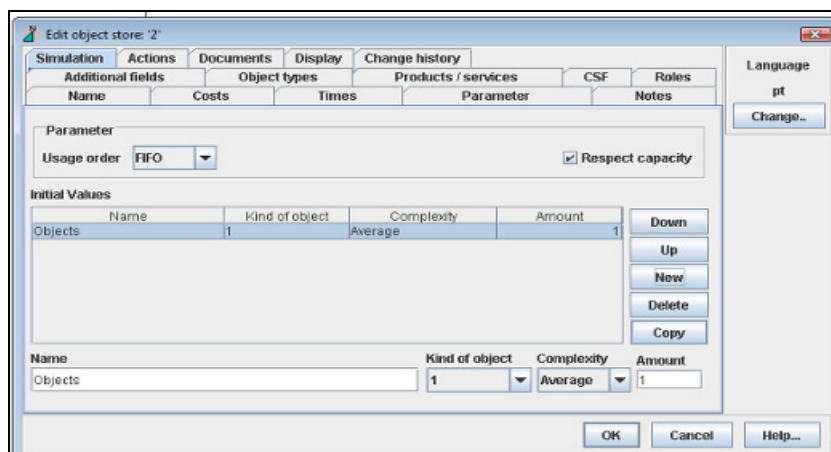


Figura 43 Simulations

Com o processo de modelagem, podem-se definir parâmetros e executá-la utilizando o software INCOME, software que apresenta várias opções e auxilia a montagem, execução e simulação dos processos de BPM que se queira fazer.

A simulação apresentou uma série de indefinições, foi necessário que se corrigi-las antes da conclusão final, devido à existência de uma série de parâmetros que interferem no sistema e que têm uma função de incrementar a modelagem no software, na qual se busca a melhoria no processo destas simulações e não tem o foco de interferir no processo. É necessário é uma leitura de todos os passos e a conferência do processo, para que se possa identificar e conhecer as funções que nos permitem interagir com a validação do modelo desenvolvido. Isso auxilia a execução da simulação do software. Os dados demonstrados pelo software não foram conclusivos pela existência de mais parâmetros, que devem ser fornecidos pela empresa; ela não abriu no momento das entrevistas, devido à existência de dados confidenciais, como custo de mão de obra, tempos de processos, salários e demais itens. Mas a simulação com a utilização de dados médios apresentou progresso no processo de manutenção em relação ao existente.

#### 3.4.2.5 Módulo 4 – Módulo de Validação Final

##### Etapa 11 – Tratamento da Informação

O tratamento das informações se deu através do acompanhamento dos indicadores. Este é monitorado, acompanhado sua evolução no período e comparado com os objetivos cascadeados pela presidência do grupo

Na figura 44 podemos perceber um modelo de gráfico em que está sendo monitorado um processo de número de peças sucateadas, indicador que será utilizado para o cálculo de



OEE. Percebe-se a evolução durante os dias da semana e as metas para a sua aplicação. As cores utilizadas são uma forma de gerenciamento visual dos dados. Caso algo ocorra, certamente os dados colocados no gráfico estarão sendo projetados para a área vermelha.

Quando ocorrem processos como na figura 44, além do processo plano de ação para identificar a não conformidade perante os objetivos dados pela direção, a cumplicidade de manutenção e produção serão aqui testados. Este indicador é item de não conformidade de produção. Agora com a utilização do OEE também é item de não conformidade para a manutenção.

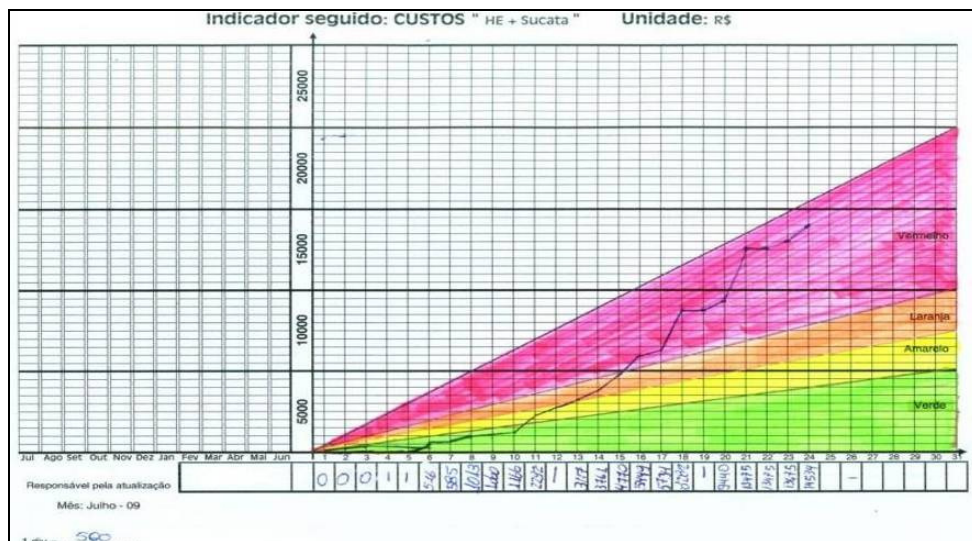


Figura 44 Indicador coleta de dados para exemplo de Sucata

Para este caso, os operadores de produção são responsáveis pela identificação das peças não conformes. Os líderes de equipe precisam sucatear as peças e lançar no sistema. O supervisor de produção deve identificar as peças sucateadas e alimentar este quadro, em que com o auxílio da manutenção, operadores, líderes de equipe traçar metas para a solução do problema, buscando a não existência de reincidência.

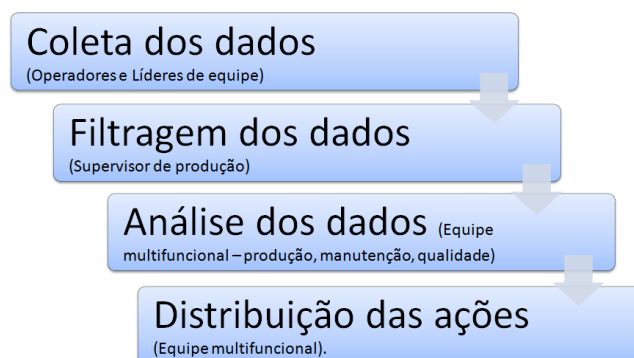


Figura 45 Tratamento das Informações

Com a coleta de dados e os lançamentos sendo feitos via planilha, é possível relacionar outros indicadores, como o OEE, que necessita de cálculos e dados que não são

indicados para cálculo manual. Com o lançamento foi definida a formulação e surgiram os dois gráficos das figuras 46 e 47: demonstram o status de OEE e cria-se automaticamente o Pareto de piores equipamentos. Neste caso o pior equipamento é a máquina 15, com isso sabe-se onde se deve atuar.

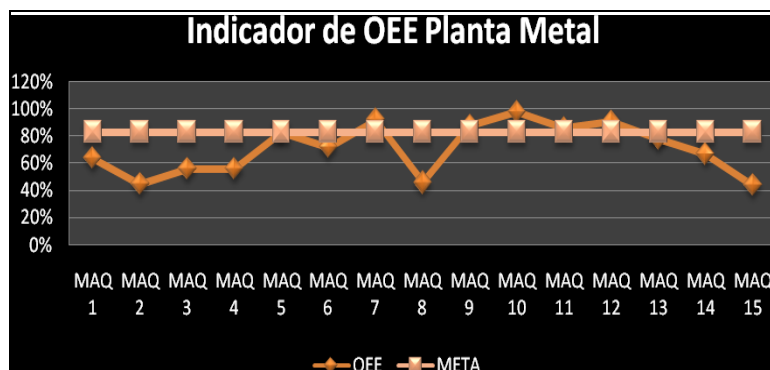


Figura 46 Indicador de OEE, criado pelo autor

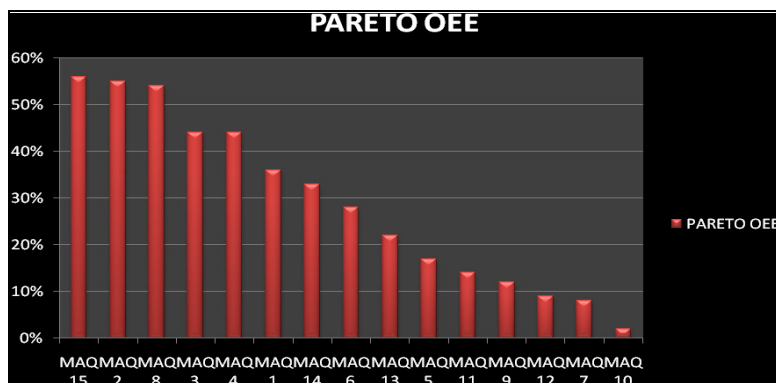


Figura 47 Pareto de OEE, piores máquinas, criado pelo autor

#### Etapa 12 – Colocar em prática

A validação desta etapa será realizada via software. Simularemos a empresa pelo INCOME, avaliando os indicadores de desempenho, como é realizado na empresa. A aplicação na empresa não é possível neste momento, por motivos de interesse da empresa em realizar tal mudança, que envolve altos custos e realiza uma mudança de grande porte. Sem acompanhamento da sua direção estratégica, não se acha conveniente, mas admitem que seja algo a ser estudado, implantado. Pode gerar para o grupo mundial um processo de benchmark e destaque entre seus concorrentes.

Foram utilizados os parâmetros da simulação para colocar em prática o modelo. Na figura 48, foi criado dentro do software INCOME um campo de controle de indicadores em diferentes níveis, utilizando como sinalizador visual sinais verdes para indicadores dentro dos padrões e sinal vermelho para indicadores fora do objetivo. Este campo simula o controle da empresa, já utilizando os novos indicadores. Os mesmos sinais estão interligados a estruturas

já modeladas anteriormente. Os níveis de problemas são acumulados e comparados diariamente com padrões preestabelecidos pela empresa. Para os novos indicadores como MTTR, MTBF, OEE e disponibilidade, foram definidos valores próximos à realidade da empresa. No caso de aplicação, devemos reavaliar estes valores, pois o importante, neste primeiro momento, é criar o histórico para que se busquem as melhorias no processo.



Figura 48 Modelagem do processo de indicadores

Como podemos perceber, a simulação apresenta vários indicadores em vermelho. Nestes casos há necessidade de tomar ações que busquem a solução. Mas há um ponto de ressalva a ser feito; percebe-se que a grande maioria dos indicadores em vermelho são indicadores que já estão implantados na empresa. Os dados aqui colocados são reais, o que isso quer dizer é que os indicadores por eles projetados estão fora dos objetivos e necessitam de atuação com urgência. O OEE aqui se apresenta fora do objetivo. Neste caso está sendo puxada para baixo pelos índices de qualidade, a amarração entre sucata e retrabalho está realizada e interfere diretamente no indicador OEE, por mais que os níveis de disponibilidade se apresentem em conformidade. Uma das ações a ser tomada está na atuação da manutenção e da produção em relacionar primeiramente os grandes problemas de sucata: solucioná-los e depois atuar nos níveis de retrabalho. O motivo de atuar em sucata é o custo elevado pelo descarte de produtos não conformes.

A modelagem apresentará melhoras com o monitoramento e as ações tomadas durante o passar do tempo. A necessidade de ações é visível, mas é necessário primeiramente identificar o que está fora de objetivo.

Na figura 49, é apresentado o resultado da simulação da ação de manutenção corretiva. Este índice simulado em um dia de produção gera dados que irão sinalizar na figura 48. Neste caso “quebra de máquina” com tempo de correção dos problemas, tais dados são enviados à planilha que compila estes dados e indica se o processo de manutenção está em conformidade nos indicadores MTTR, MTBF, Disponibilidade e OEE.

Activities	C...	Executio...	Resourc...	Value Ad...	Times (Hou...
INICIO	1...	0,5	0	0	5,556
MAQ PARADA	1...	8,415	0	0	1,766
SIM	1...	1,2	0	0	38,667
NAO	87	1,044	0	0	0,072
EMITIR OS	1...	0	0	0	100
OS RECEBIDA	1...	0	0	0	199
EXECUTAR SERVIÇO	1...	0	0	0	199
SERVIÇO FINALIZADO	1...	0	0	0	100
SERVIÇO NAO FINALIZADO	99	0	0	0	99
ORDEM ASSINADA	1...	0	0	0	100
REGISTRAR NO SIM	50	0	0	0	50
REGISTRAR NA PLANILHA PRODUÇÃO	50	0	0	0	50
ARQUIVAR DOCUMENTOS	50	0	0	0	50
PROGRAMAR COM PRODUÇÃO	99	0	0	0	99
<b>Sum</b>	<b>1</b>	<b>11,150</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.000,061</b>

Figura 49 Resultado da simulação

Na figura 50, se demonstra o processo de manutenção corretiva em forma gráfica, que apresenta os mesmos dados da figura 51. Podemos perceber nesta figura que o gráfico vermelho é o custo de execução, somando-se hora de máquina parada, hora homem, perda de produção etc.

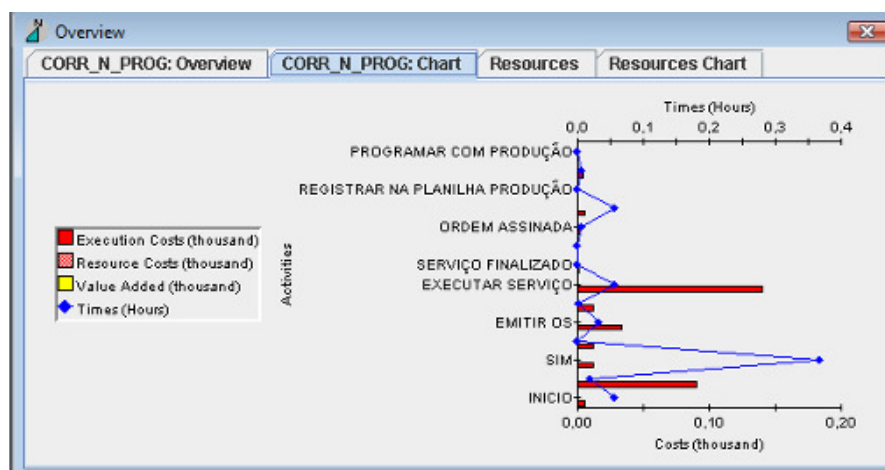


Figura 50 Gráfico da simulação

Na figura 52 está a modelagem do processo antes da implementação dos novos indicadores. Percebe-se a simplicidade de controle existente na manutenção; neste caso o único indicador pela manutenção, controlado atualmente, é o de tempo de parada de máquina; a manutenção atua sobre as paradas acima de 40 minutos, gerando assim um plano de ação; no caso de ocorrer, por exemplo, 30 ações de 40 minutos durante o mês serão 1200 minutos de máquina parada. Isso não necessita de investigação.



Figura 51 Modelo antes da integração

Como conclusão desta etapa, percebe-se que o processo de manutenção descentralizada ficou mais estruturado, através do fortalecimento da equipe de produção, que pode contar com a manutenção na solução de problemas; ela irá recompor o processo produtivo, reduzindo a quantidade de indicadores não conforme. A entrada de novos indicadores trouxe um acompanhamento do processo de manutenção, mesmo que os indicadores se apresentem dentro do objetivo, os parâmetros de comparação podem ser apertados. Isso é pregado pela melhoria contínua que auxiliará a busca de novos horizontes, levando a empresa um passo à frente.

### Etapa 13 – Validar os indicadores

A validação dos indicadores deve ser constante. Um indicador que não representa algo de importante para a corporação deve ser eliminado ou substituído. Estes indicadores, como já dito, devem medir e auxiliar a tomada de decisão para a sua conformidade. A melhoria nos dados mostram que as ações tomadas estão surtindo efeito. Caso contrário, elas devem ser revistas. De tempos em tempos, os dados medidos devem ser revistos e suas metas restabelecidas, visando à melhoria contínua, citada no sistema Kaisen.

A validação deve ocorrer através da conformidade do painel de indicadores de desempenho, aqui demonstrado na figura 48. Neste tipo de modelagem, o acompanhamento é fator chave para a validação de cada indicador. Dentro de uma corporação, não é diferente; os gestores precisam validar estes indicadores e acompanhar a sua validade. Na modelagem deste trabalho, os indicadores definidos foram baseados no estudo de caso e na necessidade de mensuração de alguns dados importantes listados na literatura como o OEE, MTBF e MTTR.

Indicadores de manutenção, como dito, interferem bruscamente em indicadores globais e de produção. O atendimento das metas globais define os indicadores, cascateados como indicadores setoriais.

Na modelagem os indicadores definidos foram baseados na literatura e escolhidos para atender aos objetivos globais da empresa em estudo. Observa-se a necessidade de melhorias no departamento de manutenção, que interfere na produção e não está atingindo seus objetivos.

No modelo simulado, a coleta de dados é automática. Definiu-se um percentual de incidentes admissível para exemplificar os erros; por exemplo, o caso da sucata e parada de máquina; o sistema gerencia a quantidade de peças que foram produzidas, quantidade que foi sucateada ou a quantidade de paradas e micro paradas, que o equipamento apresentou no dia, gerando um valor de MTBF maior que o objetivo.

A figura 52, apresenta uma modelagem no INCOME, referente ao fluxo de informação de status do indicador OEE. Podemos perceber que o processo coleta dados dos demais subindicadores para formar este indicador setorial. Estes dados aqui gerados são transferidos para o dashboard da figura 48, na qual se compara estes com um valor predefinido. Posteriormente o modelo armazena no histórico do sistema.

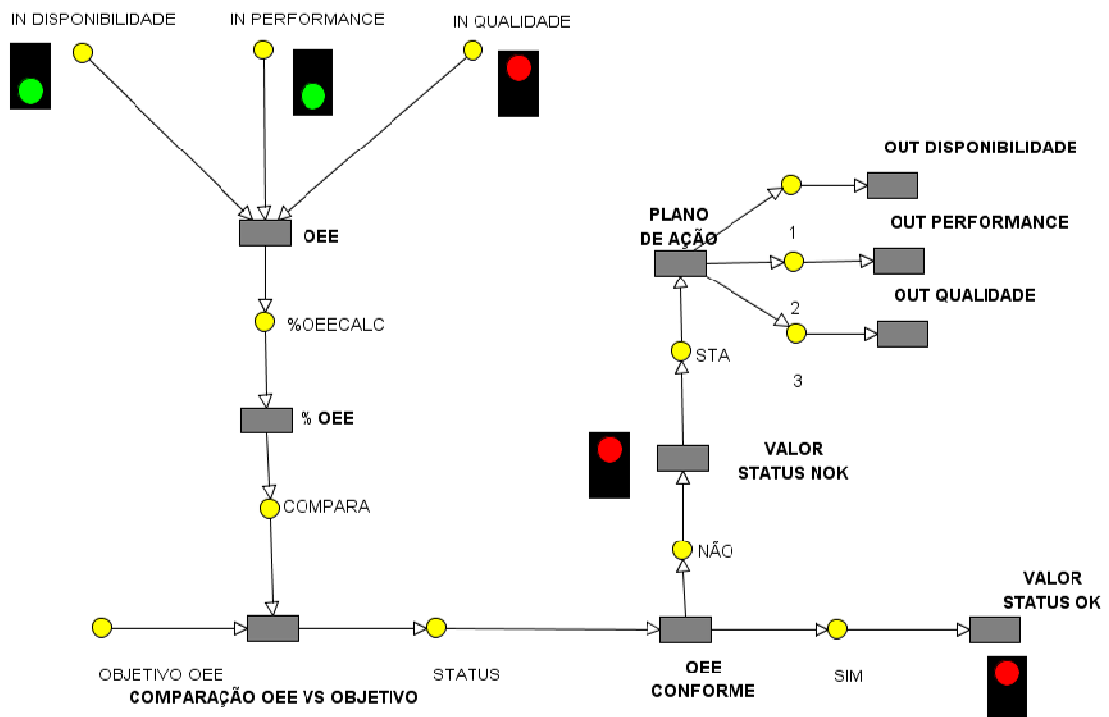


Figura 52 Indicador OEE Medição

Foram definidos sinais automáticos, com a função de alerta; que faz a comparação de dados coletados com objetivos. Sinais vermelhos representam indicadores fora da meta estabelecida; sinais verdes representam indicadores dentro do objetivo. Através deste modelo é possível validar os indicadores como usuais durante o período de avaliação, não sendo descartada a mudança a qualquer momento destes ou de suas metas.

Etapa 14 – Atualizar o modelo e identificar as divergências.

Com a necessidade de mudanças que podem ocorrer nas etapas anteriores, esta prega a necessidade de realimentação do modelo, identificando as divergências que ocorreram. Nem sempre o que se planeja ocorre, principalmente nos processos de gestão de pessoas. Como já citado, a modelagem do sistema pode e deve ser revalidada e reestruturada neste ponto; justamente aqui já existem dados reais suficientes para validar tal modelagem, comparando o planejado ao implantado. Realimentar o sistema, facilita as novas reestruturações, pois já existe o modelo atual e isso facilita um novo ciclo. Fica a cargo da corporação, que busca a sua aplicação, atualizar o modelo e identificar as divergências para correção do modelo e a proposta de um novo processo, que busque a melhoria nos indicadores globais e atenda aos interesses dos clientes, proprietários e acionistas.

Como o modelo estruturado e aplicado foi desenvolvido via software, estas mudanças necessárias ocorrem diretamente no software, atualizando-o diretamente. A necessidade de corrigir o modelo é iminente, visto que uma mudança não documentada se perde o modelo atualizado. Muitas vezes, a mudança de um indicador força a criação de novos modelos e estes devem ser interligados ao processo de gerenciamento.

Assim, a modelagem do processo de unificação dos departamentos de manutenção e produção via INCOME; propicia a identificação e a avaliação da relação entre estes, com a utilização de indicadores de desempenho para o monitoramento do status de cada ação.

#### 4. Conclusão

A indústria investe em melhorias há anos, buscando processos mais enxutos e eficientes. Ainda hoje é um dos grandes fatores de sucessos das empresas, como é o caso da Toyota Motors, precursora no desenvolvimento de modelos de produção, no qual até leva seu nome, Sistema Toyota de Produção. Dentro destes sistemas, a manutenção é vista como um ponto a ser cada vez mais explorado, tanto que a integração com a produção se iniciou há anos com a TPM e está se desenvolvendo a cada dia mais.

Na literatura, principalmente a brasileira, há um relacionamento não muito amigável entre produção e manutenção, devido à existência dos departamentos distintos; ambos têm como metas a obtenção de lucro, mas o buscam de formas diferentes, cada um intercedendo somente a seu favor. Isso deve ser minimizado, porque estremece a corporação. Outro ponto importante na literatura é a relação das empresas que estão utilizando sistemas de manutenção descentralizada, que visa eliminar esta relação abalada com a produção, na qual a manutenção responde diretamente à produção; a elevação das empresas que a aplicam nos últimos anos é surpreendente e tende a aumentar cada vez mais, tornando-se o maior modelo de manutenção aplicado nas empresas brasileiras.

O framework de manutenção descentralizado, apresentado neste trabalho, propõe uma forma sistêmica de aplicação na indústria, através da estruturação de passos baseados no sistema de BPM, o frame cria uma ligação da manutenção à produção e através de indicadores de desempenho busca auxiliar o atendimento dos objetivos estratégicos da empresa, atendendo aos indicadores estratégicos e setoriais. A ferramenta RDP foi utilizada no modelo e na aplicação deste, utilizando dados reais da empresa do estudo de caso, modelado no software INCOME e aplicado; pode-se visualizar a estrutura, a coleta de dados e a mensuração. Com a inserção de dados, pode-se simular o estado da empresa após a modificação e visualizar a melhoria no controle dos dados com a implantação de indicadores de manutenção e produção.

Sendo assim, acredita-se que a manutenção descentralizada auxilie a corporação que a aplicar a ter uma melhoria contínua de seus processos produtivos e conseqüentemente a sustentabilidade do processo operacional. A inserção dos indicadores de desempenho realizará o gerenciamento de medidas, que serão utilizadas nas tomadas de decisão. Com auxílio do BPM, pode-se mapear, modelar e simular estas tomadas de decisão e seus resultados.

Pensando-se nisso, o estudo de caso apresentado foi mapeado, modelado em ferramenta computacional e simulados a aplicação do framework; foram estabelecidos



atributos aos indicadores de desempenho; foi possível acompanhar, através de painel de indicadores, a evolução em tempo real do desempenho do processo. Importa frisar que o modelo apresentado e a simulação realizada são teóricos e virtuais e apresentaram ser viáveis para aplicação; mas torna-se necessária para validar a metodologia uma pesquisa futura, na qual se analise a validação real.

Em conclusão, o processo de manutenção descentralizado pode transformar o sistema produtivo de uma empresa através da unificação destes dois importantes departamentos, que estarão a buscar os mesmos objetivos, caminhando para o mesmo sentido. A utilização do sistema de modelagem vem validar o modelo antes de sua aplicação. Nele se apresenta como forma eficiente de modelar e testar os processos, antes mesmo de sua aplicação, e os indicadores de desempenho que têm como função principal advertir como estão os objetivos e validar as melhorias ocorridas.

## 5. REFERENCIAS

AALST, W.M.P. van der. Timed coloured Petri nets and their application to logistics. PhD thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 1992.

AALST, W.M.P. van der, A.H.M. ter Hofstede, and M. Weske. Business Process Management: A Survey. International Conference on Business Process Management (BPM 2003), volume 2678 of Lecture Notes in Computer Science, pages 1-12. Springer-Verlag, Berlin, 2003.

AALST, W.M.P. van der. The Application of Petri Nets to Workflow Management. The Journal of Circuits, Systems and Computers, 8(1):21-66, 1998. Disponível em: <<http://wwwis.win.tue.nl/~wvdaalst/publications/publications.htm>> Acesso em 01/06/2008 as 21:30 hs.

AALST, W.M.P. van der; HOFSTEDDE A.H.M. ter. Verification of Workflow Task Structures: A Petri-net-based Approach. Information Systems, 25(1):43-69, 2000. Disponível em: <<http://wwwis.win.tue.nl/~wvdaalst/publications/publications.htm>> Acesso em 01/06/2008 as 21:30 hs.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-ISO 9000:2000; Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro; 26p. Dezembro de 2000.

ABRAMAN Associação Brasileira de Manutenção. 2009. Disponível em: <<http://www.abraman.com.br>>. Acesso em 15/06/2009.

ABRAMAN Documento Nacional - A situação da manutenção no Brasil. 2005. Disponível em: <<http://www.abraman.com.br>>. Acesso em 03/11/2007.

ABRAMAN Documento Nacional - A situação da manutenção no Brasil. 2007. Disponível em: <<http://www.abraman.com.br>>. Acesso em 16/11/2007.

BALDAN, R.; VALLE, R.; PEREIRA, H.; HIST, S.; ABREU, M.; SOBRAL, V. Gerenciamento de processo de negócios – BPM – Business Process Management – Editora Érica São Paulo – 2007.

BPMN Business Process Management Notation, Disponível em <[www.bpmn.org](http://www.bpmn.org)>; acesso em 21/06/2008 as 17:50 hs.

BURLTON, R. BPM – Profit from Process. Indiana: Sams, 2001.

CHAKRAVARTHY, G.R., KELLER, P.N., WHEELER, B.R., OSS, S.V., A Methodology for Measuring, Reporting, Navigating, and Analyzing Overall Equipment Productivity (OEP), In: IEEE Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, pp 303-312, June 2007.

CONTADOR, J. C. et al. Gestão de Operações: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2ª Ed. Edgard Blücher, 2004.

COUTINHO, L.G. & FERRAZ, J.C. Estudo da competitividade da indústria brasileira. Campinas, Papirus, 1994.

CUSUMANO, M. The limits of lean, Sloan Management Review, Vol.35, No.4, pp.27-32, 1994.

DAVENPORT, T. H. Reengenharia de processos. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

DESEL, J.; ERWIN, T. Modeling simulation and analysis of business process. Business process management: models, techniques, and empirical studies. Berlin: Springer, 2000.

DURAN O.; BATOCCHIO A. Na direção da manufatura enxuta através da J4000 e o LEM. Revista produção online Volume 3, Número 2, Junho de 2003. Disponível em: <<http://www.producaoonline.ufsc.br>> acesso em 15/06/2008 as 23:00 hs.

FARIA, J. G. de Aguiar. Administração da manutenção. São Paulo, Edgard Blücher, 1994.

FELD, William M. Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them. APICS, 2000.

FRECK, Robert W.; Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) and the Equipment Improvement Process (EI) to Improve FAB throughput; IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, 2000. Pág 469-471.

GONÇALVES, J. P. Desempenho Organizacional. Seminário Econômico. São Paulo, n. 815, ago/2002.

HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C. Competing Through Manufacturing. Harvard Business Review, Jan Feb 1985.

HEUSER Carlos A. ; RICHTER, G. . Constructs for modeling information systems with Petri nets. In: International Conference on Application and Theory of Petri Nets, 1992, Sheffield, UK. Application and Theory of Petri Nets 1992. Berlin-Heidelberg, Alemanha: Springer Verlag, 1992. p. 224-243.

HÖRTE, S.A.; LINDBERG, P. & TUNALV, C. Manufacturing strategies in Sweden. International Journal of Production Research, v. 25, n. 11, 1987.

INCOME Process Designer. Get Process AG – Business Process Management. Disponível em: <http://www.get-process.com>. Acesso em: 15/06/2009.

KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. 2º Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

KARDEC, A; RIBEIRO H. Gestão estratégica e Manutenção Autônoma. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2002.

KATZ, D. e KAHN, R. Psicologia social das organizações. São Paulo: Atlas, 1978.

KHAN, R.N. Business Process Management: a practical guide. Meghan-kiffer Press. 2004.

MACARTHUR, John B. Performance measures that count: monitoring variables of strategic importance. Journal of Cost Management. v. 10, n. 3, p. 39-45, 1996.

MAGALHÃES, L. P. ; RAPOSO, A. B. ; RICARTE, I. L. M. . Animation Modeling with Petri Nets. Computers & Graphics, Pergamon Press, v. 22, n. 6, p. 735-743, 1998.

MARÇAL, R. F. Gestão da Manutenção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP), Ponta Grossa 2004. Disponível em: <<http://www.ppgep.pg.cefetpr.br>>

MATTAR, F. N. , P. DE AQUINO, A produção enxuta no Brasil, o caso FORD. Anais do 2o SEMEAD 21 e 22 de outubro de 1997.

MCGOVERAN D. An Introduction to BPM e BPMS. Business Process Management Supplement, Abr 2004 Business Integration Journal

MIRANDA. L. C. e SILVA, J.D.G. Medição de Desempenho. In: SCHMIDT, Paulo. Controladoria: Agregando Valor para a Empresa. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MIRANDA. L. C. et al. Olhando para fora da empresa: combinando “Balanced Scorecard” com “Supply Chain Management” para considerar o fornecedor na medição de desempenho. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 25, 2001, Campinas. Anais... Campinas: ANPAD, 2001.

MIRSHAWKA, Victor. Manutenção Preditiva – Caminho para Zero Defeitos. São Paulo: Makron Books, 1991.

MONCHY, François. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Ebras/Durbam, 1989.

NEELY, A. et al. "Performance Measurement System Design: should Process Based Approaches be dopted"? International Journal Production Economics, Amsterdam, v. 46-47, p. 423-431, 1996.

OBERWEIS, A. An integrated approach fot the specification of process and related complex structured objects in business application. Decision Support Systems, v. 17, p. 31-53, 1996.

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala, PortoAlegre, Editora Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Adriano Gropello de. P.Q.E.I. Programa de Qualidade na Engenharia Industrial. Jundiaí: Atlas, 2001.

PÁDUA S. I. D.; SILVA A.R.Y.; PORTO A.J.V.; O Potencial das redes de petri em modelagem e análise de processos de negócio, Gestão e produção V11, n.1 pág 109-119 Jan-Abr 2004.

PALMEIRA, J. N., TENÓRIO, F. G. Flexibilização Organizacional. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002, 279p.

PINHEIRO DE LIMA, Edson. Uma modelagem organizacional baseada em elementos de natureza comportamental. Florianópolis, 2001. 309f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

POMORSKY Tom; Managing Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Optimize Factory Performance; IEEE 1997 pag. 33-36.

PORTER, M. E. Vantagem competitiva. Criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro, Campus, 2000.

PORTER, M. E. What is strategy?, Havard Business Review, Nov-Dec 1996.

RAPOSO, Alberto B. et al. Mecanismos de coordenação para ambientes colaborativos. Anais do SBMIDIA 2000 – VI Simpósio brasileiro sistemas multimídia e hipermídia, P. 247 – 258, Natal, Brasil 2000.

REIS, Glauco, Introdução ao BPM, BPMS e SOA, Revista Portal BPM, Ano 1, Vol. 1, disponível em [www.portalbpm.com.br](http://www.portalbpm.com.br); 2003. Acesso em: 09/06/2008 as 10:30 hs.

RIBEIRO, Haroldo. Atalhos para a Implantação da TPM, ABARAMAN 17º Congresso Mundial de Manutenção, Salvador BA, 2002.

RIBEIRO, Haroldo. Manutenção Autônoma “O resgate do chão de fábrica”. São Paulo: ABRAMAN, 2001.

RODRIGUES, Luis Henrique; SCHUCH, Cristiano; PANTALEÃO, Luis Henrique. Uma abordagem para construção de sistemas de indicadores alinhando a teoria das restrições e o Balanced Scorecard. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 27, 2003, Atibaia. Anais... Atibaia: ANPAD, 2003.

RON, A.J. J. E. ROODA. Equipment Effectiveness: OEE Revisited, IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, V18. Nº 1, Fevereiro 2005.

ROSA, E. B.; PAMPLONA, E. O. ALMEIDA, D. A.; ENEGEP 96 - 16º Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Parâmetros de desempenho e os elementos de competitividade, Piracicaba, 1996.

SANTOS, E.A.P. LOURES Eduardo F. R. DESCHAMPS, F. PAULA, M.A.B. Proposal of an industrial information system model for automatic performance evaluation, IEEE EFTA 2008, Pag 436 – 439.

SCHONBERGER, R. J. Human resource management: lessons from a decade of total quality management and reengineering. California Management Review, p.109-123, 1994.

SEMATECH; Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook; Revisão 1.0; SEMI E10 Semiconductor Manufacturing Productivity, 1996. Disponível em: <[www.semiatech.org](http://www.semiatech.org)>; acesso em 11/07/2008 as 9:10 hs.

SINK, D.S. e TUTTLE, T.C. Planejamento e Medição para a Performance. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora, 1993.

SKINNER, W. Manufacturing – the missing link in corporate strategy, Harvard Business Review, May-June 1969.

SLACK N. et al, Administração da Produção, São Paulo, Ed. Atlas 1999.

SLACK, N.; STUART, G; HORLAND, C.; HARRISON, A. ; OHNSTON, R. – Administração da Produção – Edição compacta: São Paulo - São Paulo - 4ª Edição, Editora Atlas, 1997.

SMITH H.; FINGAR P., Business Process Management (BPM): The Third Wave, 2003; Meghan-Kiffer Press Disponível em: <<http://www.fairdene.com/BPM3-ApxA-BPML.pdf>>; acesso em 09/06/2008 as 11:00 hs.

TAKAHASHI, Yoshikazu. OSADA, Takashi. TPM – MPT – Manutenção Produtiva Total. São Paulo: IMAN. 1993.

TAVARES L. Administração moderna da manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 1999.

TAVARES L. Manutenção centrada no negócio. Rio de Janeiro: Novo Pólo. 2004.

THEODORSON, G. A. & THEODORSON, A. G. A modern dictionary of sociology. London, Methuen, 1970.

WHEELWRIGHT, S.C. Manufacturing Strategy: defining the missing link. Strategic Management Journal, Vol. 5, 1984.

WIREMAN, T.. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. 2ª Edição. New York: Industrial Press Inc., 2007.



WIREMAN, T.. Preventive Maintenance. 1ª Edição. New York: Industrial Press Inc., 2008.

WOMACK, J, D. JONES, “A mentalidade enxuta nas empresas”, Rio de Janeiro: Campus 1992.

XAVIER, J. N. Indicadores de Manutenção, 2008 Disponível em: <<http://www.indicadoresdemantencao.com.br/v1>>, Acesso em 17/10/2008 22h00min.

XENOS, Harilaus G.; Gerenciando a manutenção produtiva, Ed. DG 1998 Belo Horizonte MG.

YIN, R. K – Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: bookman, 2005

YOSHICAZEM, Okano. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: IMAN. 2002.

ZILBER, Moises Ari; FISCHMANN, Adalberto A. Competitividade e a importância de indicadores de desempenho: utilização de um modelo de tendência. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 26, 2002, Salvador. Anais... Salvador: ANPAD, 2002.

## 6. APÊNDICE

Formulário de entrevista aplicado.

FORMULÁRIO ENTREVISTA	
NOME EMPRESA:	DATA:
RAMO ATIVIDADE:	Nº DE EMPREGADOS:
NOME COLABORADOR ENTREVISTADO:	
NÍVEL HIERÁRQUICO ENTREVISTADO:	
QUESTIONAMENTO:	
OBSERVAÇÕES:	
INFORMAÇÃO RELEVANTE E DE INTERESSE PARA O TRABALHO?	
SIM	NÃO

Questionário aplicado a empresa “Metal” na busca de dados e informações para o trabalho.

1. Como é formada a estrutura da manutenção nesta empresa?
2. Como é estruturada a produção nesta empresa?
3. Quais são os tipos de manutenção presentes nesta empresa?
4. Como funcionam as solicitações de manutenção (preventiva, corretiva, preditiva etc.)?
5. Como funciona o fluxo de informação top down? Para a manutenção?
6. Como funciona o fluxo de informação base up? Para a manutenção?
7. Como funciona o fluxo de informação entre produção, manutenção?
8. Como funciona o fluxo de informação entre manutenção e direção? Pode ser financeiro?
9. Quais os seus indicadores principais? Qual destes te apresenta melhor as informações de status da manutenção?
10. Como as informações chegam até vocês?
11. Qual o seu pior problema hoje? Você poderia me mostrar de onde vem esta informação? Ver se é do conhecimento.
12. Como você alimenta suas preventivas?
13. Como você trata seus problemas?
14. Você tem um programa de melhoria?
15. Você tem um programa de redução de custos?
16. Como é realizada a distribuição das tarefas?
17. Quando você é sinalizado de um grande risco ou problema?
18. Como você cobra a sua equipe?
19. Quais são os seus objetivos dentro da manutenção?
20. Quais são os seus objetivos com a produção?
21. A empresa tem software de manutenção?
22. Como você gerencia sua equipe?
23. Você administra equipamentos? Caso sim, você faz manutenção neles?
24. Caso você tenha um problema grave com um equipamento, qual a sua principal preocupação? Qual a sua primeira ação?
25. Você administra seus custos? Como faz isso?
26. A empresa tem software de MRP?
27. Quais são os principais indicadores de produção?

28. Como a produção controla sua produção?
29. Como a produção conversa com a manutenção?
30. Existe programa de 5S da empresa? Posso ver?
31. Existe programa de TPM na empresa? Posso ver?
32. Como a produção participa do cuidado com o equipamento?
33. Existe um processo formal de formação das equipes de produção e manutenção?
34. Existe um processo formal de criação de possíveis manutentores?
35. Qual é o principal foco da manutenção nesta empresa?
36. Qual o pior problema da empresa?

Entrevista com manutentores.

1. Como você faz uma manutenção?
2. Qual é o principal foco da manutenção nesta empresa?
3. O que você é mais cobrado?
4. Qual a sua função na empresa?
5. Como você distribui as informações e tarefas?
6. Como está estruturada a sua equipe?
7. Qual o seu pior problema na empresa? Como sabe disso?
8. Qual o pior problema da empresa?
9. Como você procede com seus indicadores?