

CLAUDIO LUIZ DE OLIVEIRA

REDUÇÃO DE *LEAD TIME* PELA AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE  
INVENTÁRIO E ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIO

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção

SÃO PAULO

2011



CLAUDIO LUIZ DE OLIVEIRA

REDUÇÃO DE *LEAD TIME* PELA AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE  
INVENTÁRIO E ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIO

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. André Leme Fleury

SÃO PAULO  
2011

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Oliveira, Claudio Luiz de**

**Redução de *lead time* pela automação do controle de inventário e eliminação de desperdício / C.L. de Oliveira. -- São Paulo, 2011.**

**163 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Manufatura enxuta 2. Gestão por processos 3. Qualidade da produção 4. Automação industrial I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

À Deus, aos meus pais, meu irmão, minha noiva,  
e a todos os meus amigos  
que me deram força e estiveram ao meu lado  
em toda minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por todo o bem que me tem feito, pela paciência que tem tido comigo, pela força nos momentos difíceis e pela ajuda nas minhas decisões.

Ao meu pai, Sebastião, pelo modelo de integridade e caráter, me ensinando a honestidade e sinceridade sem acepção de pessoas. A minha mãe, Conceição, por todo o carinho e exemplo de dedicação, pela garra e força de vontade que me ensinaram a nunca desistir e abandonar meus objetivos. Agradeço ambos pela ajuda fundamental para que pudéssemos tornar possível esse sonho de estudar em uma universidade pública, tudo isso não aconteceria sem o esforço de vocês.

A minha futura esposa, Josi, pelo apoio e carinho, além de compreensão pelos momentos de ausência durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu sogro e minha sogra, Mário e Nice.

Ao professor André Leme Fleury, por todo o suporte oferecido ao longo desse ano, pelas observações valiosas e entusiasmo neste trabalho desde o início de seu desenvolvimento.

Aos professores Dario Ikuo Miyake e Paulino Graciano Francischini pelas observações feitas e sugestões valiosas.

Ao Alexandre, amigo dedicado e fonte de comentários precisos em todos esses anos desde o ciclo básico da Poli. Espero manter essa amizade nessa nova etapa de nossas vidas.

A minha gestora, Elaine Valentini, pelo exemplo de liderança e profissionalismo. Agradeço pela oportunidade de liderar o projeto de automação do controle de inventário, pela confiança no meu trabalho e conselhos profissionais, espero ter correspondido às expectativas. Aos estagiários da empresa: a Camila, ao Rafael, ao Eduardo e a Érika.

Aos meus amigos e família, ao Toninho e demais companheiros que estiveram comigo todos esses anos, obrigado pelos conselhos e pela ajuda. Vocês são muito importantes para mim.

Ao corpo docente da Poli, pela dedicação e empenho no conteúdo oferecido aos alunos.

*Se te mostrares frouxo no dia da angústia,*

*a tua força será pequena.*

*(Provérbios 24, verso 10)*

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma solução para prover melhorias no processo produtivo em uma empresa com produção orientada a projetos, através da aplicação da lógica de Gestão por Processos, utilizando ferramentas de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), mapeamento de processos e aplicação das ferramentas de qualidade. A empresa estudada atua na produção de equipamentos para a indústria de Óleo & Gás e tem sofrido perdas associadas com aos atrasos do processo de manufatura. O objetivo deste trabalho é analisar e propor soluções às fontes de atrasos na produção. Para tanto, foi determinado o estado atual da organização através da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor para o cliente, nessa etapa foram obtidos os valores de *lead time* associados a cada um dos processos realizados e obtido o tempo total de produção. No intuito de determinar as causas associadas aos valores de *lead time* apresentados pelos processos foi realizada a modelagem dos processos da organização utilizando a notação BPMN, seguindo ordem decrescente de valor de *lead time*. O mapeamento foi seguido pela análise de causa raiz de cada processo, possibilitando a identificação das fontes de desperdício existentes. A proposição de planos de correção das deficiências encontradas foi elaborado e validado com a aplicação do método *GAP 4*, avaliando o quadro atual dos indicadores utilizados pela organização, utilizando o resultado das análises de causa raiz para validação dos planos de ações propostos para a organização. A partir da definição das iniciativas aplicáveis à organização, foram discutidas as implicações decorrentes da adoção das melhorias obtidas durante as etapas de análise, considerando as alterações no ambiente de produção (sistemas de informação, ERP da empresa, ferramentas de processo) para garantir que essa adoção não apresentaria novos problemas à organização. Ao final, foram apresentados os novos processos corrigidos para a organização estudada. Estes processos foram efetivamente alterados na organização e os resultados já obtidos nas atividades nas quais foi possível por em prática as novas rotinas de processo definidas por este trabalho. A discussão sobre os resultados obtidos, a validade de sua adoção à organização, o benefício das metodologias utilizadas para à empresa e proposição das oportunidades de estudos futuros estão contidos na conclusão do trabalho.

Palavras-chave: Gestão por processos. Produção Enxuta. Mapeamento de fluxo de valor. Mapeamento de processos BPMN. Método *GAP 4*.



## **ABSTRACT**

This paper presents the development of a solution to provide improvements in the production process in a company with production-oriented projects through the application of logic Process Management, using concepts of Lean Production (Lean Manufacturing), process mapping and application of quality tools. The company studied operates in the production of equipment for the Oil & Gas industry and has suffered losses associated with delays in the manufacturing process, so the aim of this paper is to analyze and propose solutions to sources of production delays. To this end, it has been determined the organization's current state through the tool of value stream mapping to the client. At this stage it was obtained the values of lead time associated with each of the processes carried out and obtained the total production time. In order to determine the causes associated with the values of lead time provided by the modeling process, it was carried out of the organization's processes using BPMN notation following descending order of amount of lead time. The mapping was followed by root cause analysis of each process, enabling the identification of existing sources of waste. The proposal plans to address weaknesses found was developed and validated with the method 4 GAP, assessing the current situation of the indicators used by the organization using the outcome of root cause analysis to validate the proposed action plans for the organization. From the definition of the initiatives for the organization, discussed the implications of adopting the improvements achieved during the stages of analysis, considering the changes in the production environment (information systems, the company's ERP, process tools) to ensure that adoption does not present new problems to the organization. In the end, we presented the new processes corrected for the organization studied. These cases were effectively changed the organization and the results already obtained in the activities in which it was possible to put into practice new routines process defined by this work. The discussion of the results, the validity of the adoption organization, the methodologies used for the benefit of the company and propose opportunities for future studies are contained in the conclusion of this paper.

**Keywords:** Process Management. Lean Production. Value Stream Mapping. BPMN process mapping. GAP 4 Method.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Exemplo de sistema de cabeça de poço, principal componente estrutural de um poço exploratório.....	21
Figura 1.2: Árvore de Natal Molhada (ANM), um dos principais componentes do sistema de produção submarino (SPS). .....	22
Figura 2.1: Sequencia de etapas para identificação, avaliação e seleção dos processos prioritários. ....	29
Figura 2.2: Correspondência entre Fatores-Chave e Processos.....	30
Figura 2.3: Sequencia de etapas para gestão e aperfeiçoamento dos processos selecionados. ....	31
Figura 2.4: Representação dos elementos básicos de BPMN.....	37
Figura 2.5: Objetos de conexão. ....	38
Figura 2.6: Representação da piscina e das raias, segundo a BPMN. ....	39
Figura 2.7: Diagrama de Ishikawa genérico. ....	41
Figura 2.8: Definição dos clientes e fornecedores internos da unidade de análise escolhida. ....	43
Figura 2.9: Visão geral da aplicação do método <i>GAP 4</i> para as expectativas dos clientes internos. ....	44
Figura 2.10: Quadro geral da ferramenta <i>GAP 4</i> , exemplo para análise de uma forjaria.....	45
Figura 2.11: Quadro geral da estrutura deste trabalho.....	50
Figura 3.1: Comparação entre o modelo utilizado e o proposto na literatura (esquerda).....	54
Figura 3.2: A caracterização geral do processo produtivo é obtida pelos dados do VSM, iniciando a etapa de análise do processo, em amarelo. ....	55
Figura 3.3: Estágio de desenvolvimento do trabalho após os resultados da aplicação do método <i>GAP 4</i> , sinalizando o início das discussões sobre o novo processo (em amarelo).....	57
Figura 4.1 – Representação de distribuição das áreas funcionais da empresa. ....	63
Figura 4.2 – Representação do processo produtivo existente, mostrando o fluxo de materiais ao longo das áreas funcionais e o fluxo de registros de processo (informação) para averiguação final.....	66
Figura 4.3: Relação de documentos gerados em cada área funcional da empresa. ....	67
Figura 4.4: Exemplo de detalhamento de atividade. ....	71
Figura 4.5: Mapeamento do Fluxo de Valor para os produtos estudados. ....	72
Figura 4.6: Distribuição do tempo de operação entre atividades que agregam e que não agregam valor. ....	74

Figura 4.7: Representação dos registros de produção mostrados na Figura 4.3, em amarelo, e sua consolidação ao final do processo produtivo. ....	79
Figura 4.8: Modelagem em BPMN para Análise de Documentação. ....	81
Figura 4.9: Diagrama de Ishikawa para processo de Análise de Documentação. ....	83
Figura 4.10: Representação dos diversos registros e do acúmulo de atribuição para equipe de análise de documentação. ....	85
Figura 4.11: Mapeamento de processo para as atividades de recebimento e armazenamento. ....	88
Figura 4.12: Etiquetas para materiais aprovados (VERDE), materiais com algum desvio (LARANJA) e para materiais sem oportunidade de reaproveitamento (VERMELHA). ....	91
Figura 4.13: Diagrama de Ishikawa para os problemas apresentados na operação de recebimento e armazenamento. ....	94
Figura 4.14: Mapeamento de processo para faturamento de equipamento. ....	98
Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para processo de faturamento. ....	100
Figura 4.16: Mapeamento do processo de separação e baixa de materiais. ....	103
Figura 4.17: Diagrama de Ishikawa para processo de separação e baixa de materiais. ....	105
Figura 4.18: Mapeamento de processo de fechamento de ordem de produção de item semiacabado. ....	108
Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa para fechamento de ordem de produção para produtos semiacabados. ....	110
Figura 5.1: Definição da área analisada, bem como seus fornecedores e clientes internos. ..	115
Figura 5.2: Relação de ações identificadas e principais causas corrigidas. ....	119
Figura 5.3: Exemplo de etiqueta seguindo padrão EAN-13. ....	123
Figura 5.4: Principais modelos de código de barras existentes. ....	124
Figura 5.5: Visualização dos campos contidos nas etiquetas de identificação atuais. ....	125
Figura 5.6: Exemplo de número de série e significado de cada campo para material inspecionado em 2008. ....	126
Figura 5.7: Representação de cada dígito componente do código de <i>commodity</i> . ....	127
Figura 5.8: Exemplo de etiqueta de utilização baseada na sistemática GS1-128. ....	129
Figura 5.9: Proposição de etiqueta contendo os campos definidos. ....	130
Figura 5.10: Representação da interação entre os diversos sistemas. ....	131
Figura 5.11: Representação do processo produtivo da empresa. Em amarelo, pontos de atribuição das etiquetas de código de barras. Fonte: Elaborado pelo autor. ....	133

Figura 5.12: Estrutura inicial da análise de documentação com a visível concentração de registros para verificação ao final do processo.....	137
Figura 5.13: Representação da estrutura dos <i>gates</i> . ....	137
Figura 5.14: Ilustração do modelo de stage-gates aplicado para a Análise de Documentação. ....	138
Figura 5.15: Comparação dos ganhos entre a adoção da célula de configuração e o cenário anterior.....	140
Figura 6.1: Novo processo de documentação, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque. ....	142
Figura 6.2: Novo processo de recebimento e armazenamento, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque. ....	146
Figura 6.3: Novo processo de faturamento, com as atividades afetadas pela automação do controle de inventário em destaque. ....	148
Figura 6.4: Novo processo de separação e baixa de materiais em ordem de produção, com atividades afetadas pela automação do controle de inventário em destaque. ....	151
Figura 6.5: Novo processo de fechamento de ordem de produção, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque. ....	153
Figura 7.1: Ícones utilizados na construção do Mapeamento de Fluxo de Valor.....	160

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Exemplo de diagrama de Pareto.....	42
Gráfico 4.1: Identificação das atividades de maior <i>lead time</i> .....	75
Gráfico 6.1: Comparação dos valores de <i>lead time</i> verificados anteriormente e após revisão do processo. ....	144

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Principais características do processo de documentação.....	78
Quadro 4.2: Distribuição dos diversos atores do processo de documentação nas diferentes áreas.....	82
Quadro 4.3: Resumo dos principais aspectos do processo de Recebimento e Armazenamento. ....	86
Quadro 4.4: Número de profissionais envolvidos com a realização das atividades de recebimento e armazenamento. ....	93
Quadro 4.5: Resumo dos principais aspectos do processo de Faturamento de produtos. ....	97
Quadro 4.6: Relação de profissionais envolvidos no processo de faturamento. ....	100
Quadro 4.7: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais. ....	102
Quadro 4.8: Relação de funcionários envolvidos com as atividades de separação e baixa de materiais. ....	104
Quadro 4.9: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais. ....	106
Quadro 5.1: Representação da presença das causas raízes nos diferentes processos analisados. ....	119
Quadro 5.2: Priorização da ordem de implementação dos processos.....	136
Quadro 6.1: Principais características do processo de documentação.....	141
Quadro 6.2: Resumo dos principais aspectos do processo de Recebimento e Armazenamento. ....	144
Quadro 6.3: Resumo dos principais aspectos do processo de Faturamento de produtos. ....	147
Quadro 6.4: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais. ....	149
Quadro 6.5: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais. ....	152
Quadro 7.1: Algumas das classes definidas para utilização no código de commodity. ....	163

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Relação de profissionais participantes do projeto. ....	59
Tabela 4.1: Exemplo de detalhamento de atividade realizado no VSM, sendo utilizados os dados referentes à Inspeção de Montagem. ....	71
Tabela 4.2: Valores de <i>lead time</i> e tempo de ciclo associados com o processo. ....	73
Tabela 4.3: Valores decrescentes de <i>lead time</i> para as atividades analisadas. ....	76
Tabela 5.1: Atribuição entre ano e código inicial para geração de número de série. ....	126
Tabela 5.2: Relação dos campos necessários para identificação no código de barras, correspondentes identificadores de aplicação e padrão de cada campo. ....	130

## LISTA DE MATRIZES

Matriz 2.1: Exemplo de aplicação da primeira matriz do método <i>GAP 4</i> para uma forjaria. ..	46
Matriz 2.2: Exemplo de aplicação da segunda matriz para análise de uma forjaria.....	46
Matriz 2.3: Exemplo de aplicação da terceira matriz do método <i>GAP 4</i> para uma forjaria. Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).....	47
Matriz 2.4: Exemplo de aplicação da quarta matriz do método <i>GAP 4</i> para uma forjaria. Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).....	47
Matriz 5.1: Expectativas dos clientes internos, indicadores e estado atual. ....	116
Matriz 5.2: Causas principais dos gaps. ....	117
Matriz 5.3: Descrição dos planos de ação internos (controláveis pela área).....	117
Matriz 5.4: Conjunto de expectativas para fornecedores internos (conjunto de ações não- controláveis pela área analisada). ....	118



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	Aviso de Recebimento
BOM	<i>Bill of Material</i>
Cód.	Código
D&OS	<i>Drilling and Production Systems</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
LP&PM	Partícula magnética e líquido penetrante
O&G	Óleo & Gás
SDS	<i>Subsea Drilling System</i>
SPS	<i>Subsea Production System</i>
TI	Tecnologia de Informação
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	20
1.2	ÁREA DE ESTÁGIO.....	22
1.3	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....	23
1.4	OBJETIVO .....	24
1.5	JUSTIFICATIVA .....	25
1.6	ESTRUTURA DO DOCUMENTO .....	25
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>27</b>
2.1	PROCESSOS.....	27
2.2	PRODUÇÃO ENXUTA ( <i>LEAN MANUFACTURING</i> ).....	32
2.3	MODELAGEM DE PROCESSOS .....	35
2.4	FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	39
2.5	GAP 4 .....	42
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>49</b>
3.1	METODOLOGIA UTILIZADA .....	49
3.2	MÉTODO APLICADO.....	50
3.3	MAPEAMENTO DO PROCESSO E COLETA DE DADOS .....	58
3.4	A EQUIPE DE PROJETO .....	59
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....</b>	<b>60</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROCESSO PRODUTIVO .....	61
4.2	ESTADO ATUAL.....	68
4.3	ANÁLISE DO PROCESSO .....	76
<b>5</b>	<b>PLANO DE AÇÃO.....</b>	<b>113</b>
5.1	APLICANDO O GAP 4 PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS.....	113
5.2	AÇÕES OBTIDAS.....	118
5.3	AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE INVENTÁRIO .....	121
5.4	NOVA SISTEMÁTICA DE DOCUMENTAÇÃO.....	136
5.5	CÉLULA DE CONFIGURAÇÃO .....	139

<b>6</b>	<b>NOVO PROCESSO .....</b>	<b>141</b>
6.1	ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO.....	141
6.2	RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO .....	144
6.3	FATURAMENTO DE PRODUTOS .....	147
6.4	SEPARAÇÃO E BAIXA DE MATERIAIS .....	149
6.5	FECHAMENTO DE ORDEM DE PRODUÇÃO .....	152
6.6	PRINCIPAIS GANHOS.....	154
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>155</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>158</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os principais objetivos dos sistemas produtivos, o atendimento das expectativas do cliente no prazo acordado encontra-se entre os mais relevantes: garantir que o cliente tenha suas necessidades atendidas com qualidade e segundo o cronograma estipulado reflete diretamente a relação de confiança entre a empresa e seus consumidores. Um produto de qualidade, inovador e que atenda a totalidade das necessidades dos clientes pode ser ofuscado pela falta de pontualidade nas datas de entrega assumidas.

Entre os fatores que causam atrasos na produção, o nível de customização existente nos itens fabricados é relevante: produtos similares possibilitam a criação de estoques de bens acabados e podem absorver variações nas saídas do processo, contudo a mesma premissa não é válida quando se trata de equipamentos com características únicas no qual um atraso pode impactar todo caminho crítico do projeto. Neste contexto, melhorar a fluidez do processo produtivo, através da eliminação dos gargalos que tiram velocidade das etapas, é fundamental para garantir a agilidade necessária que se traduza em entregas nas datas acordadas com os clientes.

### 1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O trabalho será desenvolvido em um fabricante de equipamentos estruturais e consumíveis para a indústria de óleo e gás, possuindo mais de 12.000 funcionários em 115 países e fornecendo soluções em equipamentos para mais de 1.000 clientes. Seus produtos são desenvolvidos segundo as especificações de cada local de exploração e, portanto, trazem consigo alto nível de customização, estando sujeitos às penalidades decorrentes do não cumprimento das condições acordadas com o cliente. A planta na qual o presente trabalho foi desenvolvido refere-se a uma aquisição recente da companhia, realizada com objetivo de aumentar o seu portfólio de soluções no segmento de Óleo & Gás. A empresa passa por um momento de franca expansão e contínuo recorde de faturamento graças ao bom momento do segmento de petróleo e gás natural no Brasil, obtidos principalmente com os avanços na exploração das águas profundas.

Seus principais clientes são empresas do segmento de prospecção de petróleo, que operam jazidas instaladas na área de plataforma continental e também jazidas localizadas em águas profundas. Esse mercado conta com reduzido número de participantes em virtude das barreiras técnicas e de capital impostas para atuação nesse segmento; por esse motivo os clientes detém grande poder de barganha com relação à empresa objeto do estudo (PORTER, 1991).

Os equipamentos fabricados na planta fazem parte da família de produtos conhecida como Sistemas de Perfuração e Produção (*Drilling & Production Systems*) e são divididos da seguinte forma:

- a) Sistema de perfuração submarina (*Subsea drilling system*) – equipamentos utilizados na interface entre o poço e as demais estruturas de controle e sustentação da plataforma. O principal componente dessa família de produto é chamado genericamente de cabeça de poço (*Wellhead*), que são fixados através da injeção de cimento durante o processo de perfuração, formando uma estrutura íntegra entre o poço e a base da plataforma, como mostra a figura a seguir:

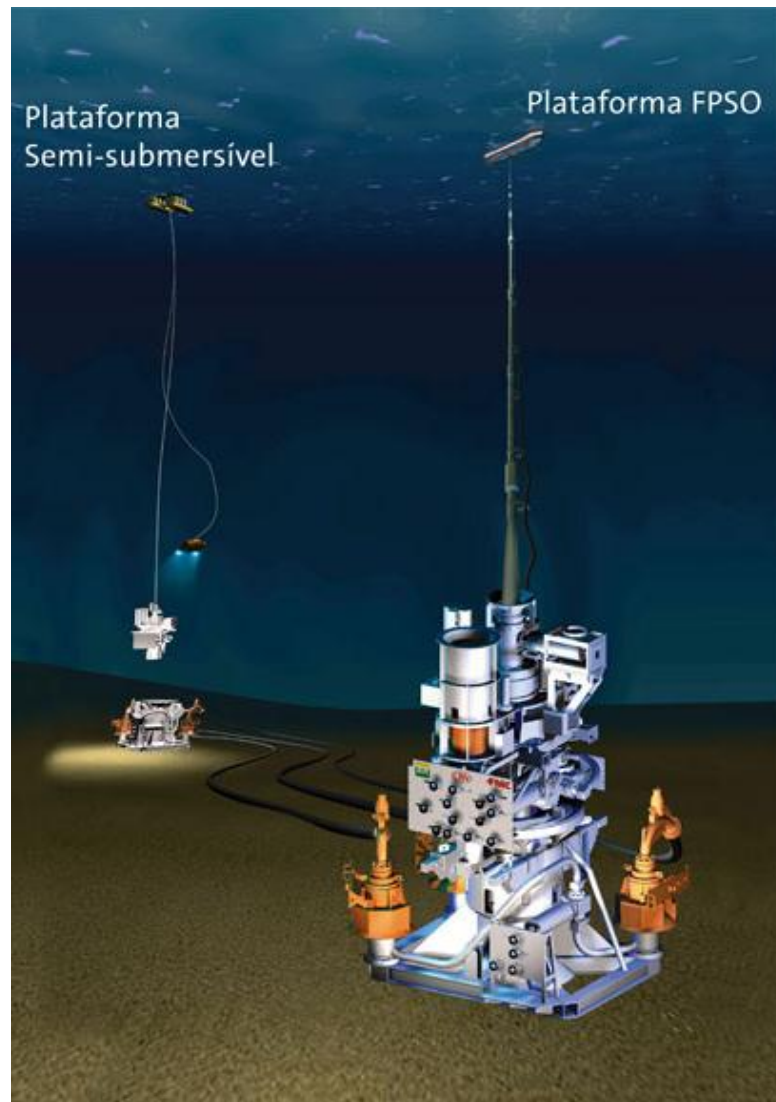


**Figura 1.1: Exemplo de sistema de cabeça de poço, principal componente estrutural de um poço exploratório.**

**Fonte:** Disponível em <<http://www.oilandgasonline.com/product.mvc/Subsea-Wellhead-System-0001>>. Acessado em 28 de outubro de 2011.

- b) Sistema de produção submarina (*Subsea production system*) – responsável por regular o funcionamento dos poços, controlando a vazão, pressão e demais

parâmetros operacionais. Componente mais importante dentre aqueles que estão instalados fora da estrutura física da plataforma, é vital para a segurança e produtividade dos poços ao redor da plataforma.



**Figura 1.2:** Árvore de Natal Molhada (ANM), um dos principais componentes do sistema de produção submarino (SPS).

**Fonte:** Disponível em < [http://www.tnpetroleo.com.br/sala\\_de\\_aula/equipamentos-submarinos](http://www.tnpetroleo.com.br/sala_de_aula/equipamentos-submarinos)>. Acessado em 28 out 2011.

## 1.2 ÁREA DE ESTÁGIO

A área do estágio onde as atividades deste projeto foram desenvolvidas é denominada *Lean Six Sigma*. Trata-se de uma estrutura baseada no Sistema de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) e na metodologia Seis Sigma (*Six Sigma*). Dessa forma, essa área atua como uma consultoria interna para as diversas áreas da planta produtiva, buscando a eficiência nos processos e a eliminação dos desperdícios através da aplicação conjunta das sistemáticas

acima descritas e que serão detalhadas no decorrer do presente estudo. A área de Logística é responsável pelo atendimento das necessidades de movimentação internas e externas na planta, além da preparação dos kits contendo os componentes que são levados para a montagem final dos equipamentos, principal cliente de seus serviços, diretamente associada com a conclusão dos produtos e de suma importância para garantir que todos os itens necessários estejam disponíveis com a devida antecedência para atender aos prazos estipulados junto aos clientes.

O estágio teve início em setembro de 2010, com o início da implantação de iniciativas *Lean* para melhorar o fluxo de atividades do almoxarifado e incrementar o desempenho das áreas produtivas. Desta maneira, o presente projeto de melhoria de produtividade, que busca uma maior agilidade na separação e na preparação dos kits para montagem e racionalização de localização das peças, insere-se no conjunto das melhorias implantadas na planta.

### 1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar de a empresa ser reconhecida mundialmente pela eficiência na condução de seus processos, a planta analisada faz parte de uma aquisição recente da divisão de Óleo e Gás da organização e, por este motivo, ainda apresenta uma série de desperdícios e inconsistências na gestão de suas atividades. Outro ponto importante diz respeito ao acentuado aumento dos negócios no segmento no qual a empresa está inserida, graças à descoberta de novas áreas produtoras, fato que destacou as principais ineficiências localizadas no decorrer do processo e acarretou diversos problemas para a companhia.

Um dos principais problemas identificados ocorre no armazenamento das peças, já que a capacidade de gerenciamento de localizações do ERP utilizado pela empresa é bastante limitada, dificultando a rastreabilidade dos itens já armazenados. A área para estocagem de itens com grandes dimensões possui a mesma localização no sistema, não sendo permitidas divisões para suas localizações, pois o sistema não aceita uma mesma peça em duas localizações diferentes. Assim, quando um operador procura o endereço de uma peça o resultado obtido é uma localização genérica que representa uma grande área de armazenamento, onde se encontram algumas centenas de itens.

Desse modo, a separação de um simples item para envio à montagem pode durar um grande intervalo de tempo, comprometendo a programação do setor e aumentando o *lead time* para preparação dos kits e consequentemente o tempo total de produção.

A falta de capacidade na armazenagem e alocação dos materiais e seus impactos na rotina operacional levam a uma produtividade muito baixa do setor de logística da empresa, comprometendo previsões acuradas sobre a duração das atividades, aumentando em muito a variabilidade dos tempos de operação e prejudicando o nível de atendimento do setor no intervalo de tempo requerido pelos clientes internos.

#### 1.4 OBJETIVO

Este trabalho de formatura apresenta os passos percorridos para melhorar a produtividade na área logística desta empresa de produção de equipamentos para o segmento de óleo e gás. Utilizando ferramentas de engenharia de produção foram analisadas as possíveis fontes de desperdício da empresa e buscadas resoluções, apontando as ações necessárias para eliminar tais entraves e maximizar as saídas e resultados eficientes do sistema de produção.

O objetivo desse trabalho é analisar e propor aprimoramentos para os processos produtivos da empresa, capazes de alinhar estes processos com os prazos de produção desejados pelo cliente. Para isto, este projeto de pesquisa analisa o estado atual das atividades de movimentação de materiais entre as áreas produtivas, mapeiam os processos e os valores associados ao *lead time* das atividades, busca modos de correção dos problemas levantados, estabelece novos desenhos de processo e acompanha a implantação destes novos processos, buscando verificar sua evolução. Sendo assim, os objetivos específicos desse trabalho incluem:

1. Levantar as fontes de conhecimentos relacionados ao tema desse trabalho através de uma revisão bibliográfica;
2. Mapear os processos existentes;
3. Aplicar ferramentas da engenharia de produção para identificar desperdício e oportunidades de melhoria;
4. Mapear o novo fluxo de atividade após a identificação dos desvios;
5. Implantar novo processo;
6. Coletar dados do novo processo, mensurando os ganhos em produtividade da área;



Desse modo, o desenvolvimento do trabalho foi norteado pela simplificação e eliminação de desperdícios entre as etapas de produção na planta, fornecendo aos operadores um fluxo de atividades tal que permita a execução de suas atividades em um intervalo de tempo consideravelmente menor e sujeito a uma variabilidade muito reduzida, aumentando a produtividade da área.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

A natureza estrutural dos principais equipamentos produzidos pela empresa os define como elementos indispensáveis para a instalação dos novos projetos de prospecção de óleo e gás entre os clientes e fazem parte do caminho crítico de preparação dessas áreas.

As consequências associadas à falta de pontualidade na entrega têm graves implicações para o cliente por comprometer toda a logística de instalação e represar a realização das demais atividades necessárias para preparação da estrutura de exploração. Para a empresa, os resultados dos desvios de prazo se traduzem em multas diárias segundo as condições estipuladas pelos contratos e a suspensão de participação nas licitações para novos equipamentos, em um momento de mercado aquecido, ocasionando perda de receitas.

Para diagnosticar e propor alterações nas atividades de movimentação de materiais entre as áreas da empresa é mandatório analisar praticamente todas as atividades desenvolvidas no chão de fábrica, possibilitando uma rica oportunidade de aprendizado e constituindo oportunidade para utilização de muitas ferramentas da Engenharia de Produção.

A aplicação de conhecimentos dessa área do conhecimento, Engenharia de Produção, para elaboração desta pesquisa é particularmente benéfica, pois tal segmento se dedica ao projeto e gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e ambiente.

## 1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: o primeiro capítulo contextualiza o leitor com o segmento no qual a empresa objeto do estudo está inserida, o problema

identificado nessa organização e os objetivos propostos para a sua resolução, o segundo capítulo descreve a revisão de literatura utilizada para orientar as análises do trabalho. Por sua vez, o terceiro capítulo apresenta a metodologia de pesquisa utilizada nesse estudo e o quarto capítulo trata dos resultados obtidos durante a realização do trabalho: as atividades realizadas, a forma como foram conduzidas, os problemas identificados e as soluções propostas. Dando prosseguimento apresenta-se a conclusão do trabalho, retomando os objetivos elencados e os resultados efetivamente alcançados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata dos conceitos utilizados para analisar o problema apresentado na organização estudada e atingir o objetivo definido para este trabalho: melhorar a produtividade na área de logística de uma empresa de produção de equipamentos para o segmento de óleo e gás. Para isto, são apresentados os conceitos de gestão por processos, de produção enxuta (*Lean Manufacturing*), o mapeamento de processos e a ferramenta BPM, as ferramentas de Qualidade utilizadas no estudo e a metodologia *GAP 4*.

Estes conceitos serão apresentados nessa ordem para seguir a sequência de utilização no estudo, contribuindo para entender o encadeamento das ferramentas ao longo do trabalho.

### 2.1 PROCESSOS

Uma das principais motivações à aplicação de ferramentas de gestão de processos se refere à possibilidade de superar as limitações incorridas pelo modelo funcional de organização do trabalho (PAIM et al., 2009). Apesar do princípio de busca de melhoria das atividades ter sua origem nos princípios da Administração Científica, por um grande período, as atividades das empresas foram alvo de racionalização observando somente a departamentalização e o foco nas questões internas (LAURINDO; ROTONDARO, 2008).

Contudo, a origem mais imediata da gestão baseada em processos está associada com a chamada “reengenharia” (ou BPR – *business process reengineering*), consistindo na reinvenção da forma pela qual as atividades são desempenhadas nas organizações. Sendo os processos tecnológicos, organizacionais e humanos passíveis de modificação para adequar a organização às pressões de mercado (LAURINDO; ROTONDARO, 2008).

Os principais benefícios obtidos através da gestão de processos são (PAIM et al., 2009):

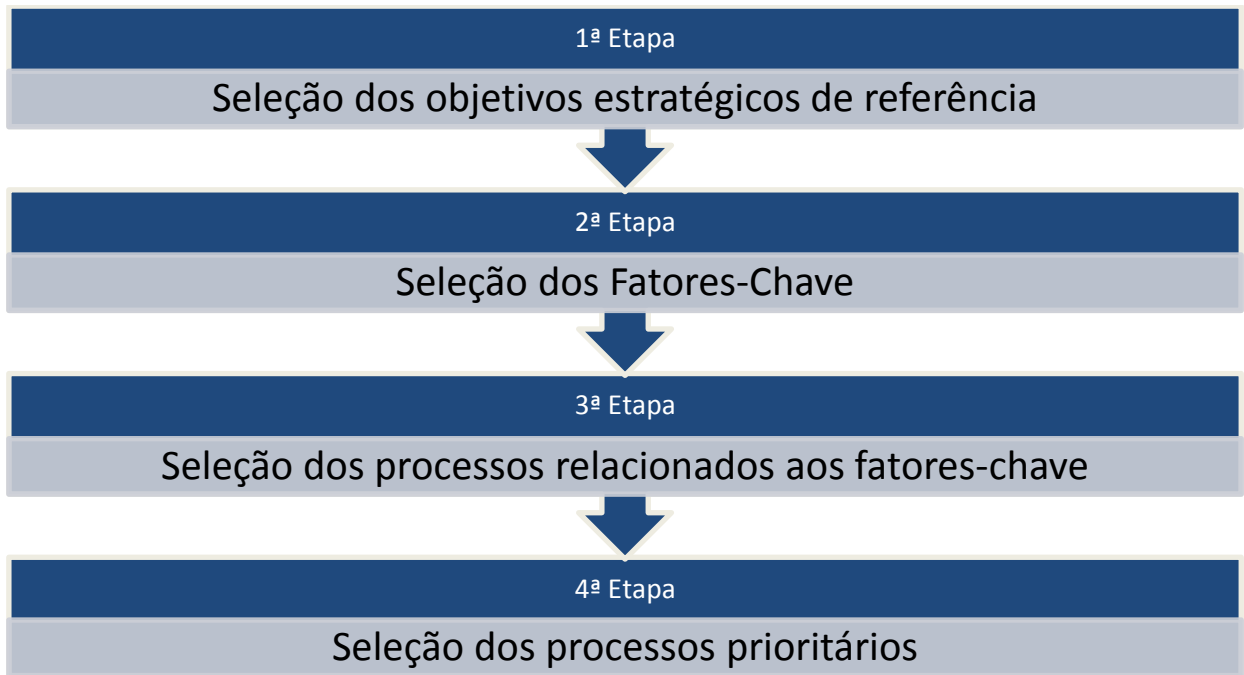
- Uniformização de entendimentos sobre a forma de trabalho, obtidos através do uso de modelos de processo para a construção de uma visão homogênea do negócio;
- Melhoria do fluxo de informações;
- Padronização dos processos;
- Melhoria da gestão organizacional;
- Aumento da compreensão teórica e prática sobre os processos;
- Redução do tempo e custos dos processos;
- Aumento de satisfação dos clientes;
- Melhoria do nível de serviço da organização;
- Outros;

### *2.1.1 Gestão por processos*

A gestão por processos consiste na contínua avaliação, análise e melhoria de desempenho dos processos que mais impactam a satisfação dos clientes e dos acionistas de uma empresa (ROTANDARO, 2005).

A implantação de uma metodologia de Gerenciamento por Processos prevê duas fases operacionais distintas, sendo a primeira a identificação, avaliação e seleção dos processos prioritários, e a segunda a gestão e o aperfeiçoamento dos processos selecionados (ROTANDARO, 2005).

As fases contidas na primeira etapa estão descritas a seguir:



**Figura 2.1: Sequencia de etapas para identificação, avaliação e seleção dos processos prioritários.**  
Fonte: Adaptado de Rotondaro (2005).

Rotondaro (2005) caracteriza as particularidades de cada uma das etapas mencionadas da seguinte maneira:

- **Etapa 1 – Seleção dos objetivos estratégicos de referência** – definição dos resultados almejados para o negócio, desdobrados a partir da missão da organização e demais variáveis (plano estratégico, cenários de mercado) que podem proporcionar vantagem competitiva à empresa;
- **Etapa 2 – Seleção dos Fatores-Chave** – enumeração das variáveis críticas de sucesso necessárias e suficientes que levam à concretização dos objetivos estratégicos de referência definidos anteriormente;
- **Etapa 3 – Seleção dos processos relacionados aos fatores-chave** – analisa a correspondência entre os fatores-chave e os processos existentes, através de ponderação das correlações existentes nessa correspondência, é determinado o conjunto dos processos críticos para atingir os objetivos do negócio;

	Fator-chave 1 Peso=3	Fator-chave 2 Peso=2	Fator-chave 3 Peso=1	Fator-chave N Peso=3	Total
<b>Processo 1</b>	x		xx		<b>5</b>
<b>Processo 2</b>		Xxx		x	<b>9</b>
<b>Processo 3</b>	xx				<b>6</b>
....	....	....	....	....	....
<b>Processo n</b>		x		Xx	<b>8</b>

**Legenda**

Correlação Forte	xxx
Correlação Média	Xx
Correlação Fraca	X

**Figura 2.2: Correspondência entre Fatores-Chave e Processos.**

Fonte: Adaptado de Rotondaro (2005).

- **Etapa 4 – Seleção dos processos prioritários** – para os processos selecionados na etapa anterior deverão ser conduzidas avaliações de duas naturezas: avaliação de seu impacto sobre o negócio, através da atribuição de pesos aos fatores-chave e da avaliação da intensidade de correlação e avaliação da qualidade de seu desempenho em função do atendimento às expectativas e necessidades;

Após a conclusão dessa primeira etapa terão sido obtidos os processos prioritários para melhoria, ou seja, aquelas que têm maior impacto sobre os negócios e pior desempenho (ROTONDARO, 2005).

A segunda etapa enfoca a gestão e o aperfeiçoamento dos processos selecionados, conforme descrito a seguir:

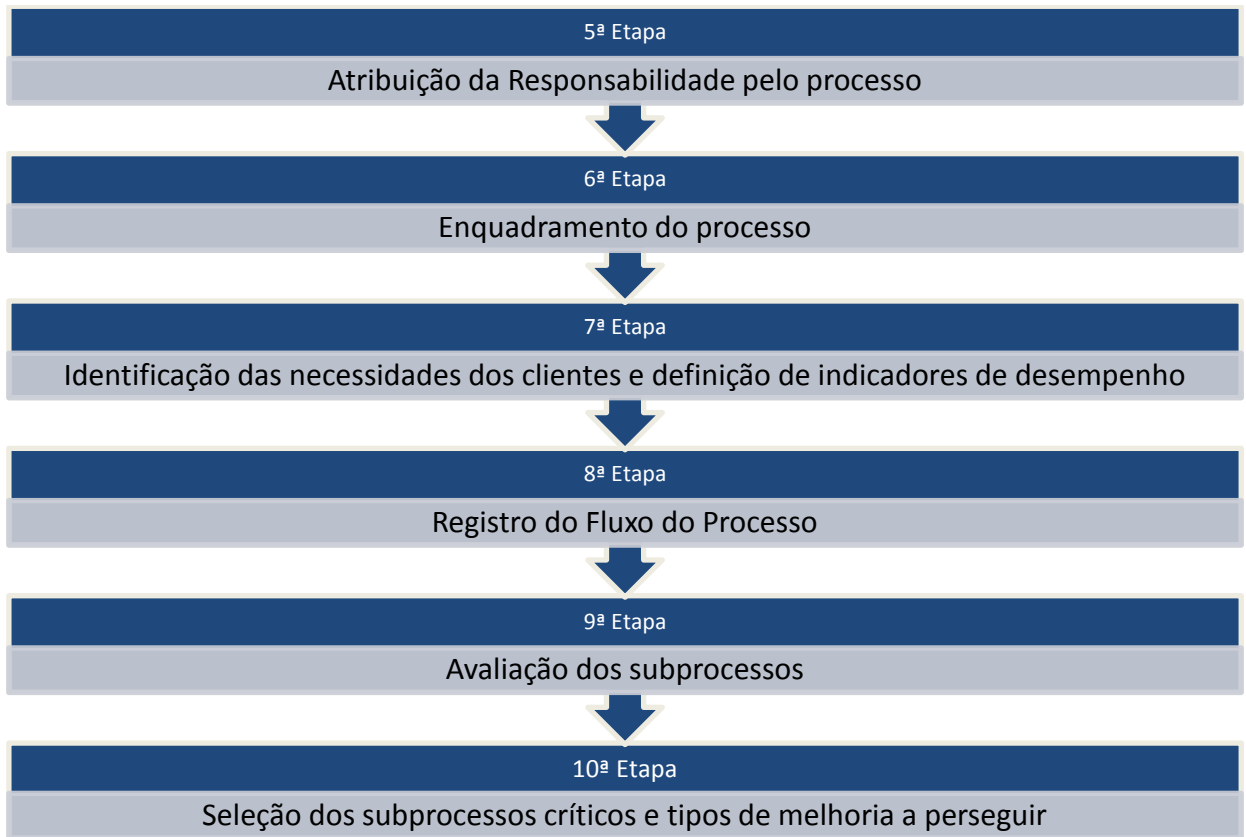


Figura 2.3: Sequencia de etapas para gestão e aperfeiçoamento dos processos selecionados.

Fonte: Adaptado de Rotondaro (2005).

- **Etapa 5 – Atribuição da responsabilidade pelo processo** – definição da área proprietária do processo analisado, identificando responsabilidades de desempenho e coordenando as demais funções que intervêm no próprio processo a fim de assegurar que sua saída seja adequada;
- **Etapa 6 – Enquadramento do processo** – identificação da missão do processo e dos seus macroindicadores, que devem ser condizentes com a missão estabelecida para o processo;
- **Etapa 7 – Identificação das necessidades dos clientes e definição dos indicadores de desempenho** – definição das necessidades dos clientes, incluindo suas prioridades dentro do conjunto de necessidades esperadas, definição dos indicadores associados a essas necessidades e implantação das métricas adequadas para sua mensuração;
- **Etapa 8 – Registro do Fluxo do processo** – construção dos fluxogramas do processo, identificação dos subprocessos e mapeamento do fluxo de

informações/serviços/produtos existentes no processo atual, desdobrando na definição da relação cliente-fornecedor internas ao processo;

- **Etapas 9 e 10 – Avaliação dos subprocessos críticos e tipos de melhoria a perseguir** – através da análise do fluxo do processo são identificadas as deficiências existentes, bem como as oportunidades de melhoria possíveis. Ferramentas de qualidade tais como o Diagrama de Ishikawa ou Gráfico de Pareto são úteis para identificar as causas associadas aos desvios e possibilitar sua eliminação;

Ao final dessa análise do conjunto de atividades executado pela empresa se obtém:

- Diagnóstico de todos os processos executados;
- Primeira ordenação desses processos por relevância aos objetivos estratégicos da organização;
- Segunda ordenação pelos processos críticos, que serão analisados na fase seguinte – final da Fase 1;
- Mapeamento dos processos críticos;
- Medição das deficiências existentes;
- Proposição das correções necessárias – final da Fase 2;

A aplicação dessa metodologia possibilita focar esforços de análise e melhoria nos processos mais importantes para atingir as estratégias definidas pela organização e nos quais o desempenho da empresa tem sido mais questionável.

## 2.2 PRODUÇÃO ENXUTA (*LEAN MANUFACTURING*)

Filosofia de negócios desenvolvida no setor produtivo japonês a partir da segunda metade da década de 40 como respeito às limitações de recursos e demandas por produtos industrializados enfrentados pela indústria no período que sucedeu ao final da Segunda Guerra Mundial. Estas necessidades fomentaram o desenvolvimento dos principais conceitos



de Produção Enxuta, ou Sistema *Toyota* de Produção (desenvolvido pela *Toyota Motor Company*) (OHNO, 1997).

O princípio que norteia a filosofia da Produção Enxuta define a capacidade de uma empresa como a soma do trabalho e do desperdício da organização, sendo assim, a redução do desperdício corresponde à aumento de eficiência (OHNO, 1997).

Ohno (1997) identificou os diversos desperdícios existentes, que constituem atividades que geram custo e não agregam valor:

1. **Desperdício por superprodução** – utilizar os recursos da empresa para produzir acima dos níveis demandados pelo cliente. Contribui para existência de outros tipos de desperdício;
2. **Desperdício por espera** – pode ocorrer tanto espera de máquinas ou de operadores. Ocorre a partir da ausência de um recurso imprescindível para realização da produção;
3. **Desperdício por transporte** – movimentação desnecessária de produtos ou peças na fábrica;
4. **Desperdício no processamento** – originado a partir de processos mal desenhados, com fluxo confuso e etapas desnecessárias;
5. **Desperdício por estoque excessivo** – refletem a existência de estoques intermediários ou estoques em processo (*WIP – Work In Process*) acima dos níveis necessários para o correto funcionamento do negócio;
6. **Desperdício por movimentação** – tanto peças percorrendo grandes distâncias entre as estações de trabalho quanto operadores em busca de ferramentas, dispositivos e demais recursos necessários para suas atividades;
7. **Desperdício por retrabalho** – originado a partir de produtos defeituosos ou refugo, que necessita de retrabalho para correção e compromete a programação da fábrica;

A redução dos níveis desses sete tipos de desperdícios propostos por Ohno (1997) permite melhorar o desempenho do sistema produtivo com um todo.

### 2.2.1 Mapeamento de Fluxo de Valor

A ferramenta de mapeamento do fluxo de valor, ou VSM (*Value Stream Mapping*), constitui uma das principais ferramentas de Produção Enxuta, elaborada por Rother e Shook (2003). O mapeamento descreve todas as ações (gerem elas valor ou não) desde a chegada dos insumos da produção até o envio do produto acabado ao cliente, contemplando o fluxo porta a porta (ROTHER; SHOOK, 2003).

Ainda de acordo com Rother e Shook (2003), a utilização da ferramenta é particularmente benéfica, pois:

- **Transmite uma visão sistêmica do processo** – por fornecer a sequência de encadeamento das atividades que compõem o processo produtivo. Além dessa sequência, o mapeamento detalha as principais informações associadas ao processo;
- **Mostra a relação entre fluxo de informação e fluxo de material** – o fluxo de informações e o de material são exibidos para entender seu comportamento dentro do processo produtivo;
- **Apresenta os dados dos processos mapeados** – as principais características dos processos existentes (tempo de ciclo, *lead time*, número de operador, número de turnos, tempo de ciclo, dentre outros) são mostrados no diagrama;
- **Fornece linguagem comum para processos de manufatura** – as características da ferramenta a habilitam para aplicação em qualquer modelo produtivo existente;

Para elaborar o estado atual do VSM é necessário partir do cliente do processo, destino dos produtos acabados. Após esta definição devem ser relacionadas as etapas internas existentes entre a colocação do pedido e a etapa de aquisição de insumos, mostrando o fluxo de informação gerado a partir da efetivação do pedido e chegada do material requisitado ao fornecedor.

Partindo da chegada do material na planta é necessário identificar os processos de fluxo (por exemplo, usinagem, caldeiraria, montagem e acabamento). Aos processos são

adicionadas as caixas de dados com as características importantes ao desenvolvimento do estudo em questão, posicionadas embaixo das caixas de representação dos processos (ROTHER; SHOOK, 2003).

A próxima etapa constitui-se na medição dos estoques intermediários existentes (estoques no processo), expressos em quantidade média de peças. A ligação entre os processos é feita para definir quais processos são puxados e quais empurrados. Os processos puxados ocorrem quando um processo determina a produção nas etapas anteriores que o alimentam. Já os processos empurrados ocorrem quando o fluxo de produção não é regulado pela necessidade dos processos clientes (ou clientes internos), sendo tal fluxo definido por uma programação.

Após esta informação o mapeamento do estado atual está completo e são obtidos os valores de *lead time* e tempo de ciclo do processo, anterior às melhorias e redução dos desperdícios existentes.

## 2.3 MODELAGEM DE PROCESSOS

As informações sobre o panorama produtivo da empresa, obtidas a partir do mapeamento de fluxo de valor realizado permitiram identificar quais os processos responsáveis pelos maiores *lead time* na produção. Todavia, o VSM não permite examinar o conjunto de tarefas que compõem um processo, sendo necessária adoção de outra ferramenta com maior grau de detalhe: a modelagem de processos.

O processo representa um conjunto de atividades estruturadas e medidas, destinadas a produção de um bem (ou serviço) para atendimento às necessidades de um cliente ou mercado, tendo começo, fim, entradas e saídas bem especificadas (VALLE; OLIVEIRA, 2009).

A definição do *Object Management Group* (OMG – responsável pela *Business Process Management Notation*, conceito abordado posteriormente) propõe a seguinte definições aos conceitos relacionados a processos (VALLE; OLIVEIRA, 2009):

- **Atividade** – termo genérico para o trabalho desempenhado pela empresa;

- **Tarefa** – é a menor divisão de uma atividade incluída num processo. No desdobramento de processos, a tarefa é a menor unidade do trabalho executado;
- **Processo** – qualquer atividade executada no interior de uma organização;
- **Evento** – marco que ocorre ao longo do processo. Existem o evento inicial, o evento final e eventos intermediários;

### 2.3.1 A modelagem BPMN

Esta modelagem refere-se a uma técnica abrangente com aplicação para os mais diversos tipos de processos, com aplicação para os processos de diferentes naturezas, tais como: administrativos, financeiros, operacionais, dentre outros (VALLE; OLIVEIRA, 2009).

A escolha deste tipo de modelagem em detrimento aos demais existentes (UML, IDEF, EPC, etc.) é justificado pelos problemas partilhados pelas demais modelagens: modelagem proprietárias, ou incompletas, ou com aplicação restrita somente a alguns processos, não fornecendo um padrão único de aplicação a qualquer processo como o BPMN (VALLE; OLIVEIRA, 2009).

A BPMN é originada a partir de uma iniciativa entre várias empresas de ferramentas de modelagem que possuíam suas próprias notações e decidiram adotar uma mesma linguagem de modo a facilitar o entendimento e o treinamento do usuário final. Os mapeamentos são realizados nos *Diagramas de Processo de Negócio* (DPN), compostos pelos elementos que formam o BPMN (VALLE; OLIVEIRA., 2009).

#### 2.3.1.1 Diagrama de Processo de Negócio

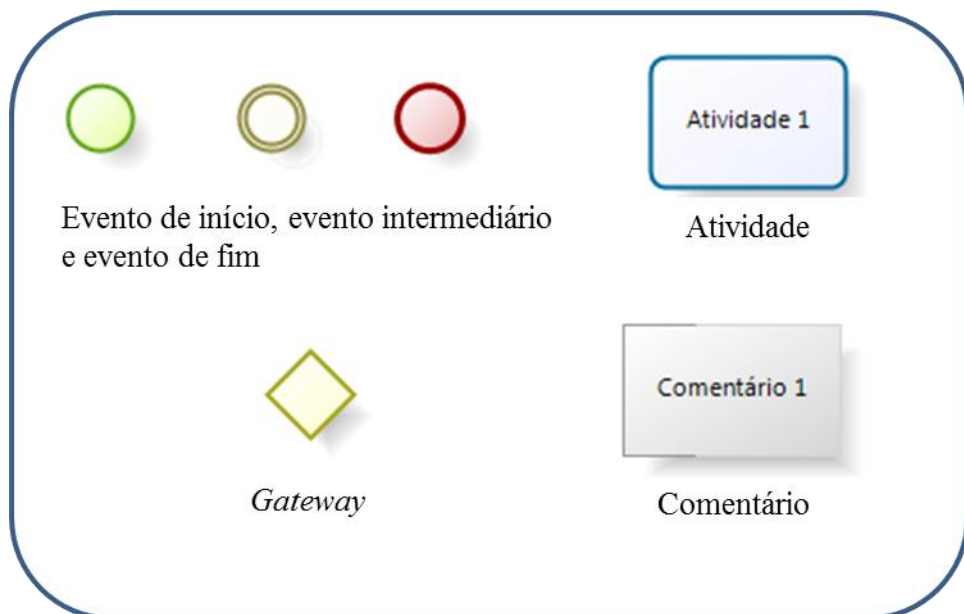
O Diagrama de Processo de Negócio é o diagrama padrão no qual são mapeados quaisquer processos de negócio através da modelagem BPMN. Essa padronização da sistemática de elaboração dos diagramas constitui ferramenta simples e hábil para lidar com

os diferentes níveis de complexidade existentes nos diversos processos de negócio (BPMI/OMG, 2006).

Os conjuntos básicos de elementos são:

- **Objetos de fluxo** – dividido em três tipos de elementos (evento, atividade e *gateway*) utilizados para descrever as etapas existentes em qualquer processo:
  - **Evento:** marco existente em um processo de negócio. Existem três tipos de eventos: eventos de início, eventos intermediários e eventos de fim;
  - **Atividade:** termo genérico para trabalho executado;
  - **Gateway:** pontos de decisão existentes sobre o processo, podendo juntar ou dividir trajetos;

A Figura 2.4 contém os tipos de objetos de fluxo utilizados neste trabalho:

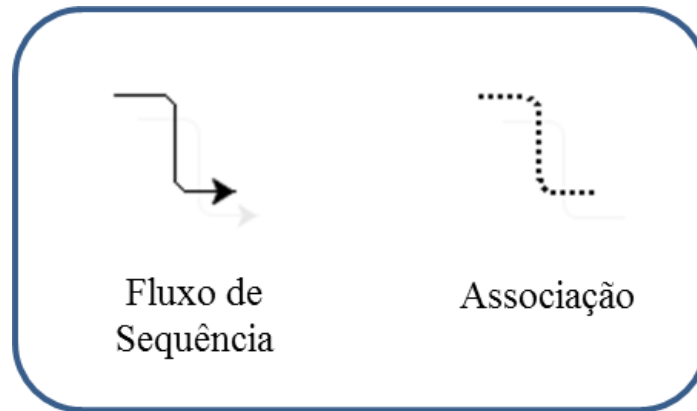


**Figura 2.4: Representação dos elementos básicos de BPMN.**  
Fonte: Adaptado de Valle e Oliveira (2009).

- **Objetos de conexão** – utilizados para ligar os objetos de fluxo e criar a estrutura básica do processo de negócio. Os principais existentes são:
  - Fluxo de sequência – usado para mostrar a ordem com que as atividades serão executadas em um processo;

- Associação – usado para mostrar o fluxo de mensagem entre dois participantes;

A Figura 2.5 contém a representação dos objetos de conexão existentes neste trabalho:



**Figura 2.5: Objetos de conexão.**  
**Fonte: Adaptado de Valle e Oliveira (2009).**

- *Swinlanes* – a BPMN define dois elementos para ajudar a dividir e organizar os diagramas: as piscinas (*pools*) e as raias (*lanes*). Uma piscina representa essencialmente uma organização e uma raia representa um departamento dentro dessa organização (VALLE; OLIVEIRA, 2009).

A Figura 2.6 demonstra a representação da piscina e das raias:



**Figura 2.6: Representação da piscina e das raia, segundo a BPMN.**  
**Fonte: Adaptado de Valle e Oliveira (2009).**

## 2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para identificar as causas dos desvios existentes nos processos mapeados na organização foi necessário escolher as ferramentas mais indicadas para o contexto do trabalho e aplica-las na situação estudada. Dentre as opções existentes no domínio de conhecimento da Engenharia de Produção, a aplicação das ferramentas da qualidade apresenta grande aderência com o projeto.

As ferramentas de qualidade foram desenvolvidas na segunda metade do século XX para lidar com os problemas de qualidade enfrentados no ambiente industrial. Para tanto, foi preparado um conjunto de técnicas para resolução de deficiências existentes em qualquer processo (MONTGOMERY, 1996):

1. Histograma;
2. Gráfico de Pareto;
3. Diagrama de causa-e-efeito (ou diagrama de Ishikawa);

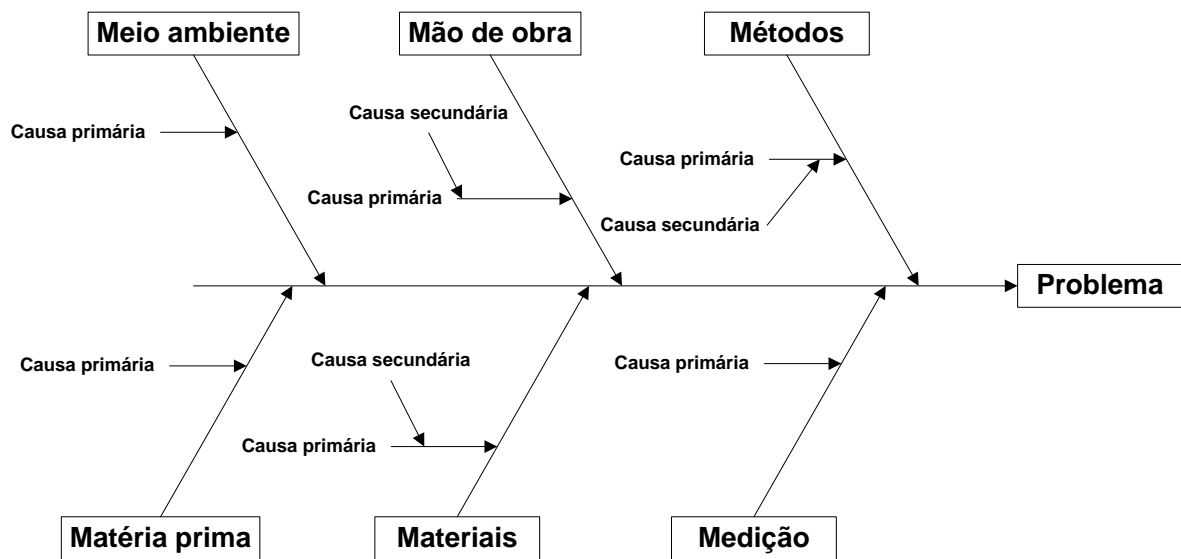
4. Diagrama de correlação;
5. Folha de verificação;
6. Carta de controle e gráficos;
7. Estratificação;

#### *2.4.1 Diagrama de Ishikawa*

Ferramenta largamente utilizada para identificação das causas raízes associada a um problema existente. O diagrama de Ishikawa permite identificar as causas principais e as causas secundárias desdobradas a partir da abordagem dos seis principais aspectos relacionados a um problema (MONTGOMERY, 1996):

1. Métodos;
2. Mão de obra;
3. Meio ambiente;
4. Matéria-prima;
5. Materiais;
6. Medição;





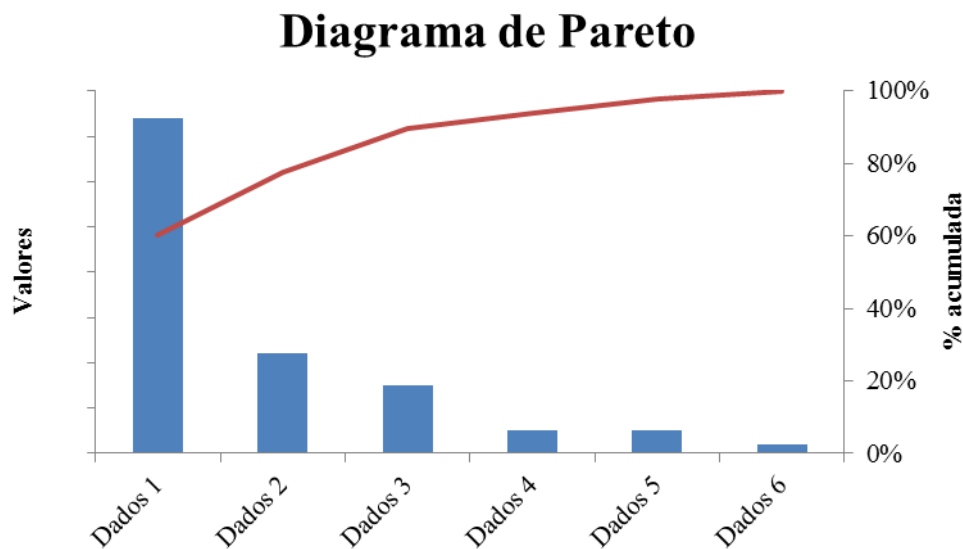
**Figura 2.7: Diagrama de Ishikawa genérico.**  
**Fonte: Adaptado de Montgomery (2006).**

A Figura 2.7 apresenta a forma geral de construção do diagrama. Com a finalização do diagrama é fácil visualizar quais as causas estão atuando no caso estudado e facilita a escolha dos planos de ação para sua eliminação.

#### 2.4.2 Gráfico de Pareto

Outra das sete ferramentas da qualidade, o gráfico de Pareto consiste no arranjo dos valores disponíveis para um arranjo ordenado de maneira decrescente, partindo dos maiores valores para o atributo estudado (MONTGOMERY, 1996).

Além da ordenação em valores decrescentes, é utilizado um segundo gráfico auxiliar com a distribuição da porcentagem acumulada entre os diversos pontos para visualizar o comportamento desse atributo, ou seja, quais os principais conjuntos de dados que são responsáveis pelo maior crescimento na porcentagem acumulada, como exemplificado no Gráfico 2.1:



**Gráfico 2.1: Exemplo de diagrama de Pareto.**  
**Fonte: Adaptado de Montgomery (2006).**

## 2.5 GAP 4

Tendo obtido as principais causas-raiz dos problemas identificados nos processos corporativos, o próximo referencial conceitual empregado no desenvolvimento deste projeto é o *GAP 4*. O propósito desta ferramenta é garantir que os planos de ação obtidos estão de acordo com as deficiências verificadas no processo, garantindo alinhamento entre os planos de melhoria e os objetivos estratégicos definidos pela organização (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007).

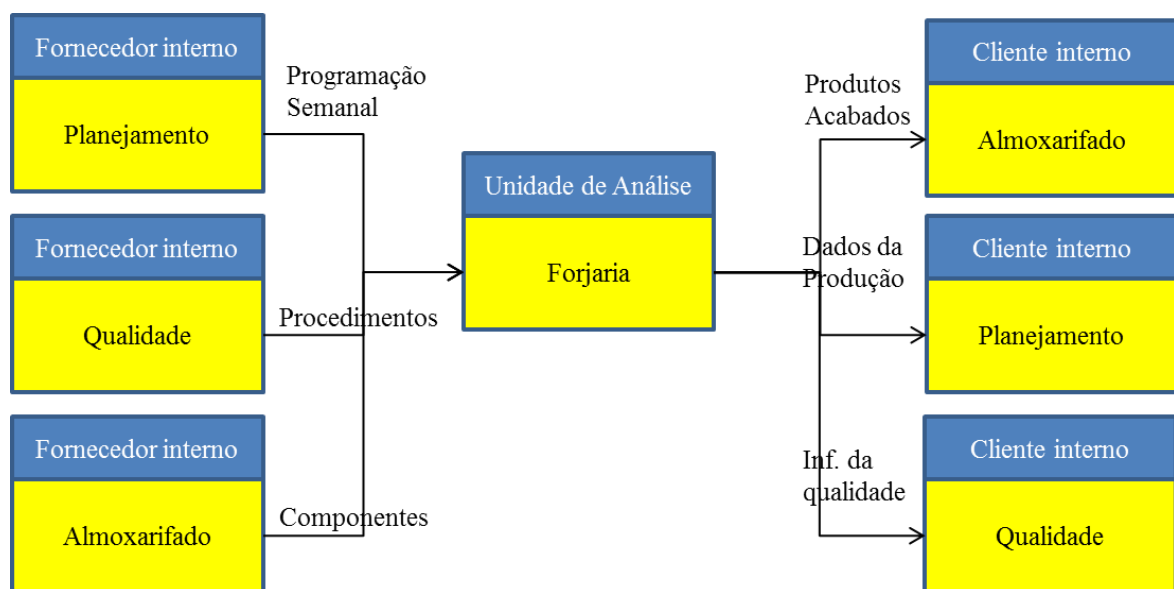
Esta abordagem é particularmente útil para verificar as iniciativas de melhoria desenvolvidas em áreas operacionais, a partir do estudo das interações existentes entre a unidade de análise e seus clientes e fornecedores internos. A unidade de análise consiste em uma área interna da empresa no qual se deseja verificar e propor ações de melhoria, a partir do estado atual dos indicadores de desempenho existentes e seus níveis desejados (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007).

Existem duas abordagens propostas na literatura para este método: abordagem por custo total ou abordagem pela perspectiva do cliente (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007). Para o desenvolvimento deste trabalho será considerada a segunda abordagem, pois a primeira

necessitaria da análise dos custos envolvidos na produção e face à complexidade técnica existente nos produtos e processos existentes na empresa essa análise seria muito difícil de ser realizada.

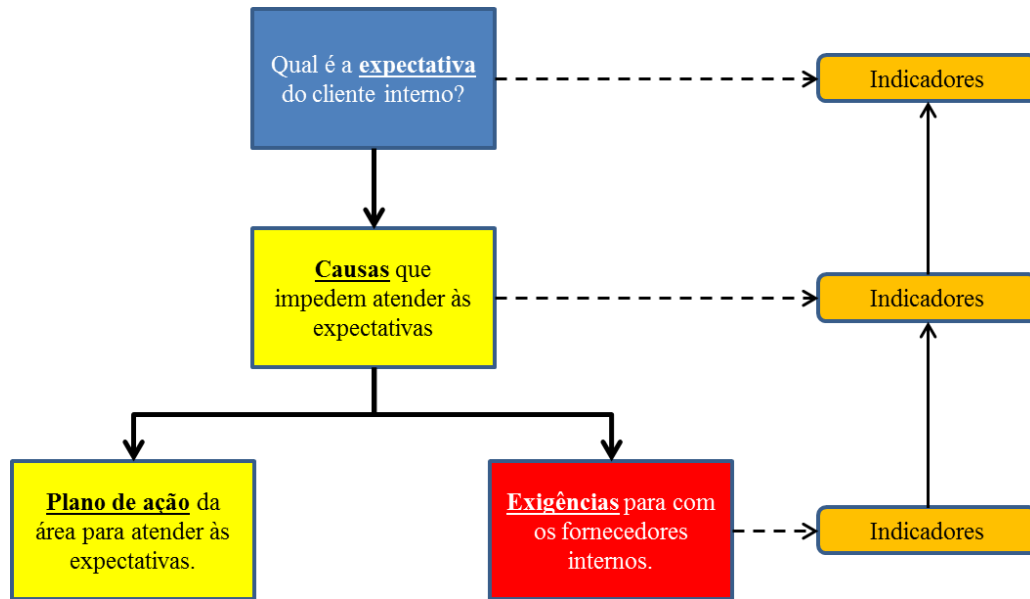
Ainda de acordo com Francischini e Francischini (2007), para iniciar a aplicação do método é necessário escolher uma unidade de análise, que deve ser uma área da empresa no qual se deseja verificar o desempenho atual e validar as melhorias propostas com base no *GAP 4*. Após escolha da área é necessário identificar quais os clientes e fornecedores internos, bem como as entradas e saídas associadas a cada um.

A Figura 2.8 exemplifica a definição das entradas e saídas para uma unidade de análise:



**Figura 2.8: Definição dos clientes e fornecedores internos da unidade de análise escolhida.**  
**Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).**

A abordagem escolhida parte da indagação sobre quais as expectativas dos clientes internos, buscando responder ao questionamento: “*O que o cliente espera?*”. Essa expectativa é desdobrada em um conjunto de indicadores de desempenho e é mensurado o *gap* (diferença) existente entre o valor atual e o desejado, definido pela direção da organização (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007). As causas que impedem o atendimento das expectativas são desdobradas em novos indicadores de desempenho associados a cada causa e propostas ações de melhoria divididas em dois níveis:



**Figura 2.9:** Visão geral da aplicação do método *GAP 4* para as expectativas dos clientes internos.  
Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

O panorama geral da abordagem através da perspectiva do cliente é demonstrado na Figura 2.10:

Matriz 1


Expectativa dos  
clientes internos

Unidade Analisada: Forjaria

Cliente Interno	Expectativa dos Clientes Internos	Indicador de desempenho	Valor Atual	Meta	Gap
Montagem	Entrega de lotes de peças no prazo	n° lotes no prazo / n° lotes total	85%	90%	5%
Planejamento	Reduzir tamanho de lote	n° peças / n° de lotes	420	350	17%
Gestão da Qualidade	Produzir peças com qualidade	% peças com qualidade	92%	97%	5%

Matriz 2


Causas principais  
do gap



Indicador de desempenho atendido	Gap	Causas principais do gap	Sector responsável pela Causa	Indicador de desempenho de Causa do gap	Valor Atual	Meta	Gap
n° lotes no prazo / n° lotes total	5%	Falta de MP	Compras	% lotes reprogramados por falta de peças	15%	5%	10%
"	"	Reprogramação urgente de OP	Interno	% OP reprogramados com urgência	13%	5%	8%
"	"	Lead time longo	Interno	Lead time médio por lote	520	380	27%
n° peças / n° de lotes	17%	Tempo de setup alto	Interno	Tempo médio de setup	120	90	25%
% peças com qualidade	9%	Falta de treinamento dos operadores	RH	horas treinamentos realizadas / horas de treinamentos previstas	50%	90%	40%

Matriz 3


Planos de Ação internos  
(controlados pela área)



Indicador de desempenho da Causa do gap	Gap	Causas principais do gap	Sector responsável pelo Plano de ação	Indicador de desempenho de Plano de Ação	Valor Atual	Meta	Gap
Lead time médio por lote	27%	Implantar células de manufatura	Interno	n° de células de manufatura implantadas	1	5	400%
Tempo médio de setup	25%	Implantar SMED	Interno	n° equipamentos SMED / n° equipamentos planejados	10%	50%	40%

Matriz 4

Expectativas para fornecedores  
( não controlados pela área)



Expectativa da área analisada	Fornecedor interno	Indicador de desempenho	Valor Atual	Meta	Gap
Não faltar MP nas OP's programadas	Compras	% lotes reprogramados por falta de peças	15%	5%	10%
Não reprogramar OP's urgentes	Planejamento	% OP reprogramados com urgência	13%	5%	8%
Treinar funcionários nos procedimentos de trabalho	RH	horas treinamento realizadas / horas de treinamento previstas	50%	90%	40%

Figura 2.10: Quadro geral da ferramenta GAP 4, exemplo para análise de uma forjaria.  
Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

A ferramenta *GAP 4* consiste na verificação, com base em uma unidade de análise definida, dos seguintes aspectos (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007):

- **Matriz 1 - Expectativas dos clientes internos e identificação da diferença (*gap*) entre expectativa e desempenho registrado nos indicadores** – essa etapa lista os clientes internos da unidade analisada e respectivas expectativas para as atividades da área analisada. O desempenho atual da unidade é identificado através dos indicadores de desempenho associados e verifica-se a diferença existente entre o valor esperado e o valor medido, como exemplo abaixo:

Unidade Analisada: Forjaria					
Cliente Interno	Expectativa dos Clientes Internos	Indicador de desempenho	Valor Atual	Meta	Gap
Montagem	Entrega de lotes de peças no prazo	n° lotes no prazo / n° lotes total	85%	90%	5%
Planejamento	Reduzir tamanho de lote	n° peças / n° de lotes	420	350	17%
Gestão da Qualidade	Produzir peças com qualidade	% peças com qualidade	92%	97%	5%

**Matriz 2.1: Exemplo de aplicação da primeira matriz do método *GAP 4* para uma forjaria.**

Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

- **Matriz 2 – Causas principais do gap** – é necessário identificar as origens da diferença registrada entre o valor calculado e aquele definido, para tanto serão aproveitados os diagramas de Ishikawa realizados após o mapeamento dos processos, facilitando a elaboração e tornando a análise mais fundamentada, como mostrado a seguir:

Indicador de desempenho atendido	Gap	Causas principais do gap	Setor responsável pela Causa	Indicador de desempenho de Causa do gap	Valor Atual	Meta	Gap
n° lotes no prazo / n° lotes total	5%	Falta de MP	Compras	% lotes reprogramados por falta de peças	15%	5%	10%
“	“	Reprogramação urgente de OP	Interno	% OP reprogramados com urgência	13%	5%	8%
“	“	Lead time longo	Interno	Lead time médio por lote	520	380	27%
n° peças / n° de lotes	17%	Tempo de setup alto	Interno	Tempo médio de setup	120	90	25%
% peças com qualidade	9%	Falta de treinamento dos operadores	RH	horas treinamentos realizadas / horas de treinamentos previstas	50%	90%	40%

**Matriz 2.2: Exemplo de aplicação da segunda matriz para análise de uma forjaria.**

Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

- **Matriz 3 – Plano de Ação Interno** – as ações de melhoria propostas são relacionadas nessa etapa e o incremento necessário para atingir o patamar aceitável é demonstrado através do cálculo de um novo *gap*, entre o valor atual do indicador relacionado ao plano de ação e aquele necessário para eliminar a origem existente, conforme mostrado abaixo:

Indicador de desempenho da Causa do <i>gap</i>	<i>Gap</i>	Causas principais do <i>gap</i>	Setor responsável pelo Plano de ação	Indicador de desempenho de Plano de Ação	Valor Atual	Meta	<i>Gap</i>
<i>Lead time</i> médio por lote	27%	Implantar células de manufatura	Interno	nº de células de manufatura implantadas	1	5	400%
Tempo médio de setup	25%	Implantar SMED	Interno	nº equipamentos SMED / nº equipamentos planejados	10%	50%	40%

**Matriz 2.3: Exemplo de aplicação da terceira matriz do método GAP 4 para uma forjaria.**

Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

- **Matriz 4 – Expectativas para fornecedores** – o modelo mensura a eficácia dos planos de ações definidos a partir das causas verificadas e que estão sob responsabilidade da área analisada. Contudo, existem desvios originados em etapas anteriores que não estão sob competência da área analisada, sendo constituída uma expectativa com relação aos fornecedores, medindo da mesma forma o valor atual do indicador associado com essa expectativa e a meta associada com a resolução dessa fonte de desvios no processo, conforme exemplo a seguir:

Expectativa da área analisada	Fornecedor interno	Indicador de desempenho	Valor Atual	Meta	<i>Gap</i>
Não faltar MP nas OP's programadas	Compras	% lotes reprogramados por falta de peças	15%	5%	10%
Não reprogramar OP's urgentes	Planejamento	% OP reprogramados com urgência	13%	5%	8%
Treinar funcionários nos procedimentos de trabalho	RH	horas treinamento realizadas / horas de treinamento previstas	50%	90%	40%

**Matriz 2.4: Exemplo de aplicação da quarta matriz do método GAP 4 para uma forjaria.**

Fonte: Adaptado de Francischini e Francischini (2007).

Ao final da aplicação do método são obtidos dois conjuntos de ações corretivas, um composto por ações sob incumbência da área e outro conjunto de ações corretivas em etapas fora do escopo de atuação da unidade de análise, constituindo uma expectativa junto aos fornecedores internos.

No final deste capítulo de revisão bibliográfica foram apresentados os conceitos gerais das ferramentas utilizadas ao longo do estudo. A apresentação do Gerenciamento por Processos lança as bases para a abordagem utilizada para analisar os processos da empresa, os conceitos de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) e de mapeamento de fluxo de valor serão necessários para entender a situação atual da empresa com relação ao desempenho de seu processo produtivo, as ferramentas de qualidade são necessárias para a análise das causas existentes nos processos e a proposição de planos de ação para melhoria com base no método *GAP 4*.



### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a abordagem utilizada para o desenvolvimento do presente estudo, vinculando os diferentes métodos e ferramentas apresentadas na revisão de literatura com as iniciativas práticas desenvolvidas.

#### 3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

As principais abordagens metodológicas aplicadas em pesquisas na área de gestão de operações são o levantamento tipo *survey*, a modelagem e simulação, a pesquisa-ação e o estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2007). Dentre as abordagens apresentadas por este autor, o **Estudo de Caso** é aquela que melhor define o exercício de pesquisa apresentado nesse trabalho, pois desenvolve um estudo detalhado de um caso real, conduzido a partir dos conceitos obtidos na fundamentação teórica.

A metodologia do estudo de caso demanda uma abordagem que compreenda um método abrangente, com lógica de planejamento, de coleta e de análise de dados definidos num contexto único, podendo incluir abordagens qualitativas e quantitativas de pesquisa. Tais aspectos podem ser classificados como um estudo de caso único, como descrito por Yin (2001).

Voss et al. (2002) definem a metodologia do Estudo de Caso como uma das mais proveitosas no domínio do conhecimento da gestão de operações, sendo sua aplicação particularmente válida nos dias atuais, para lidar com a crescente frequência e magnitude das mudanças nos métodos de gerenciamento e também nas tecnologias.

Dessa forma, neste estudo de caso será explorada a investigação do objeto de estudo da pesquisa, ou seja, da empresa analisada, representada por seus processos, produtos, desvios e oportunidades de correção.

### 3.2 MÉTODO APLICADO

De uma maneira abrangente, a sistemática empregada neste estudo compreende diferentes ferramentas e técnicas do Gerenciamento por Processos, proposto por Rotondaro (2005). Contudo, sua aplicação inclui uma adaptação significativa da técnica original, ou seja, o roteiro de desenvolvimento do trabalho apresenta algumas variações em relação à abordagem proposta por este autor e incorpora outros referenciais conceituais, como o mapeamento de fluxo de valor e o método *GAP 4*.

O encadeamento entre as ferramentas utilizadas no trabalho é definido na figura a seguir:

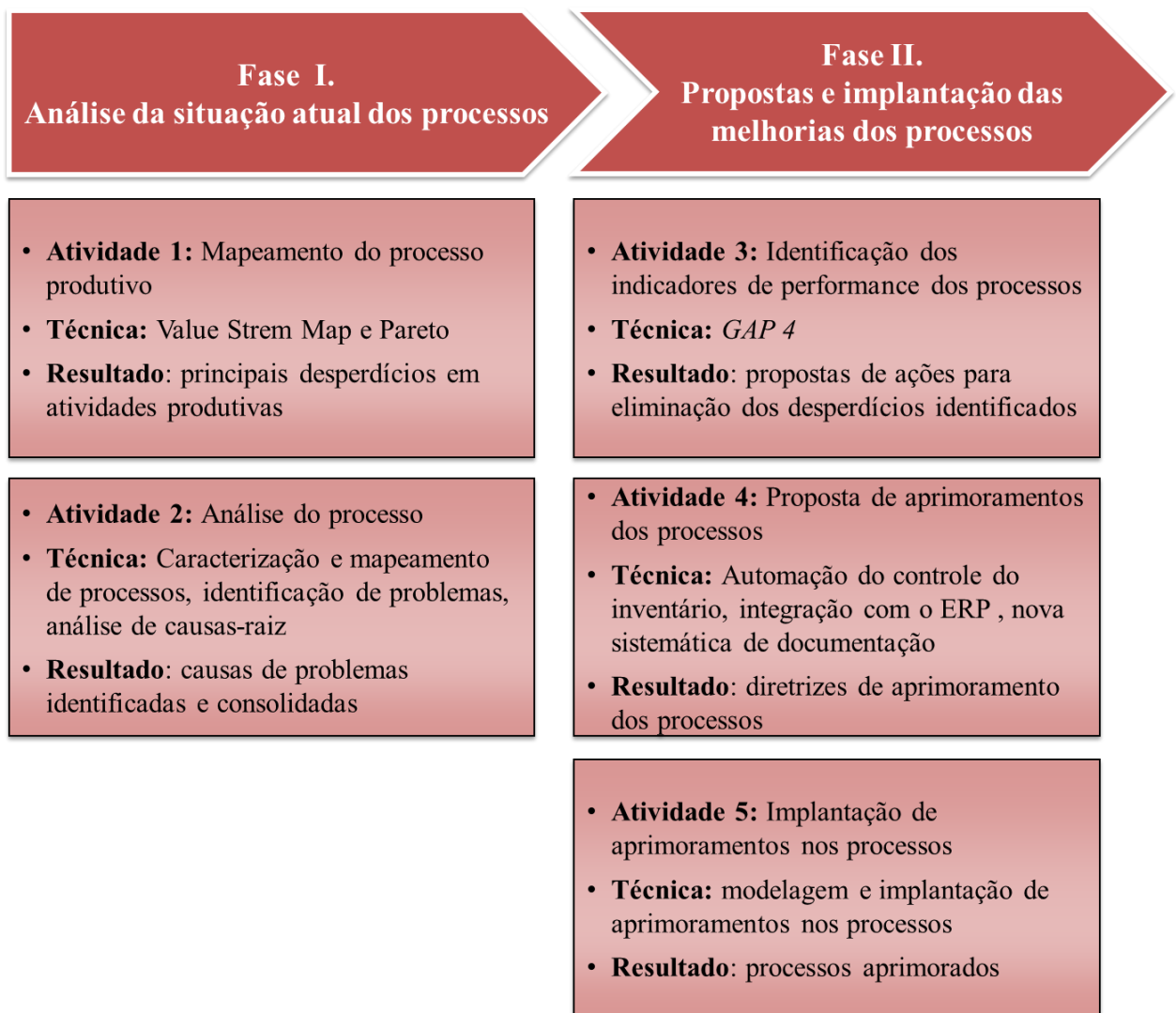


Figura 3.1: Método aplicado no desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As ferramentas mostradas na Figura 3.1 formam um conjunto de métodos encadeados que resultam na determinação do quadro atual da organização, sua análise crítica e na proposição das melhorias pertinentes, podendo ser divididos em duas fases distintas:

- **Fase 1 – Análise da situação atual dos processos** – através do mapeamento do fluxo de valor e do diagrama de Pareto foi levantado o desenho do processo produtivo e identificado as atividades que mais comprometem o tempo total de produção. Essa etapa foi seguida de um mapeamento de processos e análise de causa-raiz para identificar o conjunto de tarefas que constitui cada processo e quais as reais causas de desvio existentes, com base nos processos apontados no VSM;
- **Fase 2 – Propostas e implantação de melhorias dos processos** – os impactos dos desvios identificados foram analisados através de seu desdobramento nos indicadores de desempenho associados a cada causa e serviram de referência para a preparação dos planos de ações, segundo a metodologia *GAP 4*. Os planos de ações obtidos foram discutidos com base no conhecimento necessário para sua aplicação na empresa e nas alterações necessárias para sua realização, finalmente sendo obtidas as propostas de implantação, com os novos mapas de processo e os resultados associados à sua implantação;

O desenrolar de cada uma das fases de análise será detalhado ao longo deste capítulo.

### *3.2.1 O Gerenciamento por Processos revisitado*

A metodologia de Gerenciamento por processos na literatura é baseada na aplicação de uma análise realizada em duas etapas:

- **Fase 1 – Definição dos processos críticos para organização** – partindo dos objetivos estratégicos de referência, da seleção dos fatores-chave e a relação entre os processos existentes e os fatores-chave são obtidos os processos prioritários, que representam àqueles com maior impacto sobre o negócio e pior desempenho (ROTONDARO, 2005);

- **Fase 2 – Melhoria dos processos críticos** – os processos selecionados na Etapa 1 são observados com maior detalhe para identificação dos desvios existentes e proposição de ações para eliminação de tais desvios. Esta etapa é realizada utilizando-se da identificação das necessidades dos clientes, do mapeamento do fluxo do processo e avaliação dos subprocessos (ROTONDARO, 2005);

Este modelo, detalhado no item 2.1 e lembrado acima, apresenta uma visão mais generalista para promover o aperfeiçoamento da gestão por processos em qualquer organização. Todavia para atender ao contexto no qual o trabalho foi desenvolvido era necessário focar as análises nos processos que diminuía a agilidade do processo produtivo e contribuía negativamente para o aumento do *lead time*, sendo inseridas algumas alterações no roteiro utilizado para pautar as análises. Estas alterações incorporaram à metodologia deste projeto as seguintes atividades de pesquisa:

#### 3.2.1.1 Identificação dos fatores críticos de sucesso da organização

Observando o ambiente de atuação da empresa com base na proposição das cinco forças de Porter (1991), percebe-se que os clientes concentram grande poder de barganha devido ao seu número reduzido, ficando restrito a aproximadamente uma dezena de companhias petrolíferas que realizam atividades de perfuração e prospecção na costa brasileira.

Em adição, atrasos no segmento de Óleo & Gás representam a postergação de operações de exploração comercial de campos de extração para um dos principais insumos da sociedade moderna, incorrendo em grande perda de receita devido à reprogramação do início da fase de exploração dos reservatórios. Esse prejuízo é repassado para os fornecedores responsáveis através de mecanismos de multas, suspensão temporária de compras e até exclusão do conjunto de empresas habilitadas para o fornecimento desses equipamentos e, na outra mão, o atendimento aos prazos estipulados em contrato é grandemente valorizado, constituindo um critério ganhador de pedido (SLACK, 1993).

Ser suspenso ou excluído do conjunto de fornecedores de equipamentos de um desses atores significa pesadas perdas e imensa dificuldade para prospecção de novos negócios devido às características únicas de cada projeto e ao desenvolvimento de novas frentes

exploratórias condicionadas a novas descobertas geológicas, ou seja, a um evento de frequência relativamente baixa.

Por esse motivo, a direção da empresa estabeleceu como meta estratégica a entrega da totalidade de seus produtos em conformidade com a data contratual definida junto aos clientes e, dessa forma, as melhorias implantadas na empresa devem direcionar sua capacidade produtiva ao atendimento dos prazos de produção estipulados, eliminando as fontes de desperdício existentes.

Nesse ponto observa-se uma primeira diferença em relação à abordagem original proposta por Rotondaro (2005), pois esse conjunto de fatores favorece a utilização da ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM – *Value Stream Mapping*). Tal método permite identificar as origens do longo tempo de processamento existente, de modo a mensurar o desempenho de todo o conjunto (desde a chegada da matéria-prima até a entrega do produto acabado) e as respectivas parcelas de cada processo, formando um conjunto de dados análogo aos resultados da primeira fase da sistemática proposta por Rotondaro (2005), incluindo as etapas de identificação, avaliação e seleção dos processos prioritários.

A aplicação do VSM é vantajosa para esta etapa, pois analisa as etapas com base na geração de valor ao cliente, mensurando diretamente o tempo de agregação de valor (tempo de ciclo) dentro do tempo total de realização da tarefa (*lead time*), indo de encontro à demanda apresentada pela empresa no objetivo deste trabalho.

Como explicitado no item 2.2, o Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta originada da metodologia de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) que permite acompanhar as sucessivas etapas de produção e mensurar seu desempenho, tanto individual como do sistema de produção como um todo (WOMACK; JONES, 1996).

Os dados obtidos por tal ferramenta traçam um panorama das condições de produção e permitem identificar quais processos representam maior parcela no tempo total de produção e, portanto são prioritários para detalhamento e desdobramento em ações que levem à melhoria e ao incremento da velocidade de produção.

Assim, a utilização do VSM para identificação, avaliação e seleção dos processos prioritários seguiu as seguintes etapas:

- **Etapa 1 – Criação do VSM para a organização** – base para as demais análises posteriores, nesta etapa foi identificada a sequência obedecida pelos equipamentos durante seu processo produtivo, permitindo mensurar a duração das etapas isoladamente e determinar o montante associado com a finalização de um equipamento a partir de sua matéria-prima;
- **Etapa 2 – Seleção dos processos prioritários** – nesta etapa foram identificados os processos prioritários, ou seja, aqueles com maior duração, pois impactam mais no tempo total de produção e precisam ser revistos e aprimorados para melhorar a capacidade de entrega da empresa;

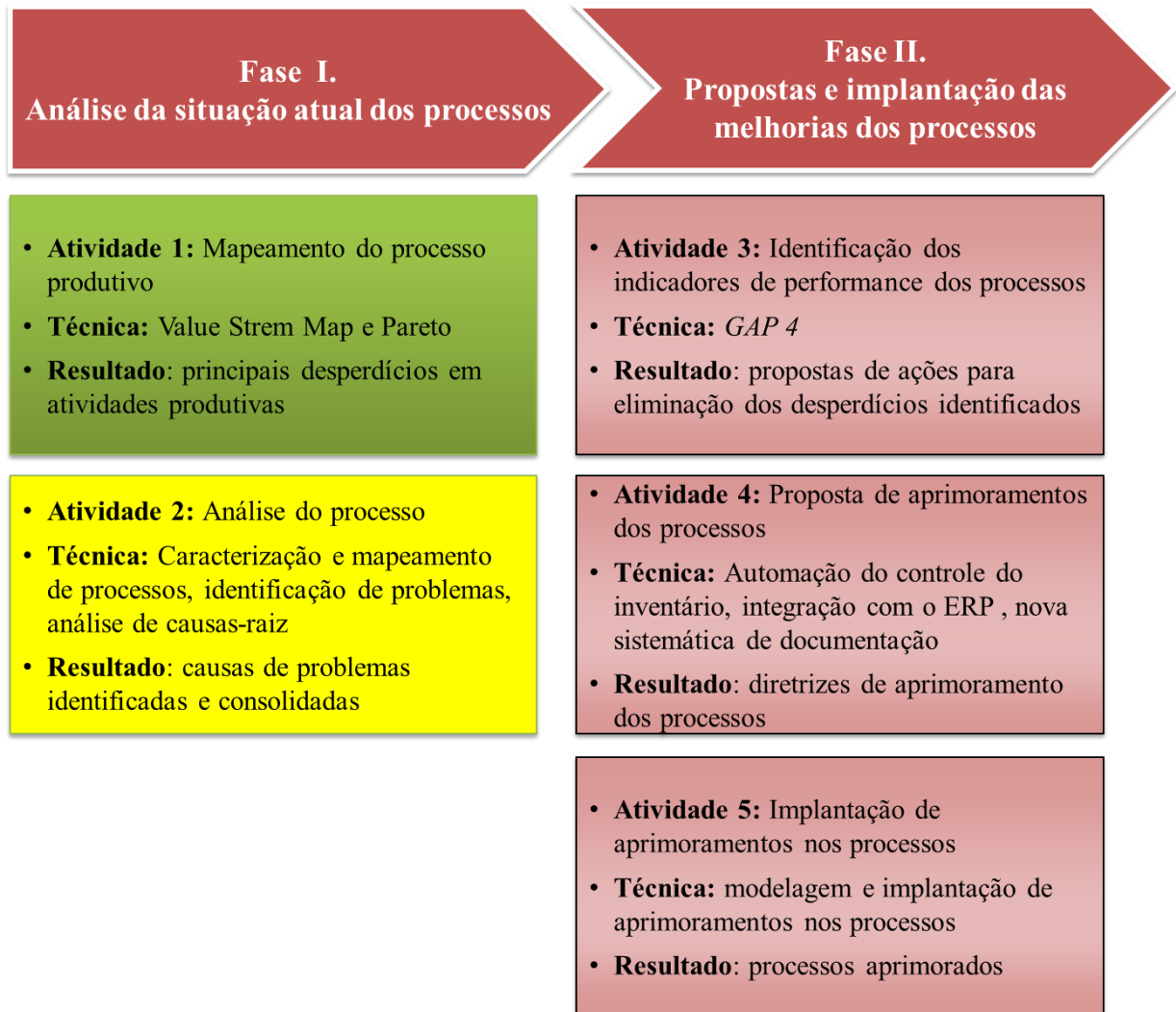
Os resultados obtidos VSM e aqueles obtidos na Etapa 1 do método proposto por Rotondaro (2005) representam o conjunto dos processos prioritários da organização, como observado na Figura 3.2. Assim, ambas as abordagens definem o conjunto dos processos que devem ser aprimorados para atender à estratégia operacional definida pela organização.



**Figura 3.2: Comparação entre o modelo utilizado e o proposto na literatura (esquerda).**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Com os resultados do mapeamento do fluxo de valor é possível ordenar os processos existentes por seu impacto no *lead time* de produção através da utilização de um diagrama de Pareto. Entretanto, as causas raízes associadas ao elevado tempo de operação das etapas ainda não é conhecido, sendo necessária examinar os principais processos com maior nível de detalhe.

Retomando as etapas de análise apresentadas ao final da revisão bibliográfica, o estudo encontra-se no seguinte estágio:



**Figura 3.3:** A caracterização geral do processo produtivo é obtida pelos dados do VSM, iniciando a etapa de análise do processo, em amarelo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após aplicação do VSM a metodologia seguida nesta pesquisa experimenta uma aproximação em direção à metodologia proposta por Rotondaro (2005), já que os processos críticos apontados pelo mapeamento de fluxo de valor foram detalhados partindo da identificação dos seguintes aspectos:

- 1) Atribuição do dono do processo;
- 2) Enquadramento do processo;
- 3) Definição dos fatores críticos;
- 4) Mapeamento do processo;

- 5) Análise de causa raiz;
- 6) Seleção dos tipos de melhoria aplicáveis;

Com a análise de causa raiz através da utilização de diagrama de Ishikawa concluídos é finalizada também a etapa de análise da situação atual dos processos, conforme descrito na Figura 3.1, os planos de ação propostos deverão propor soluções para essas causas obtidas.

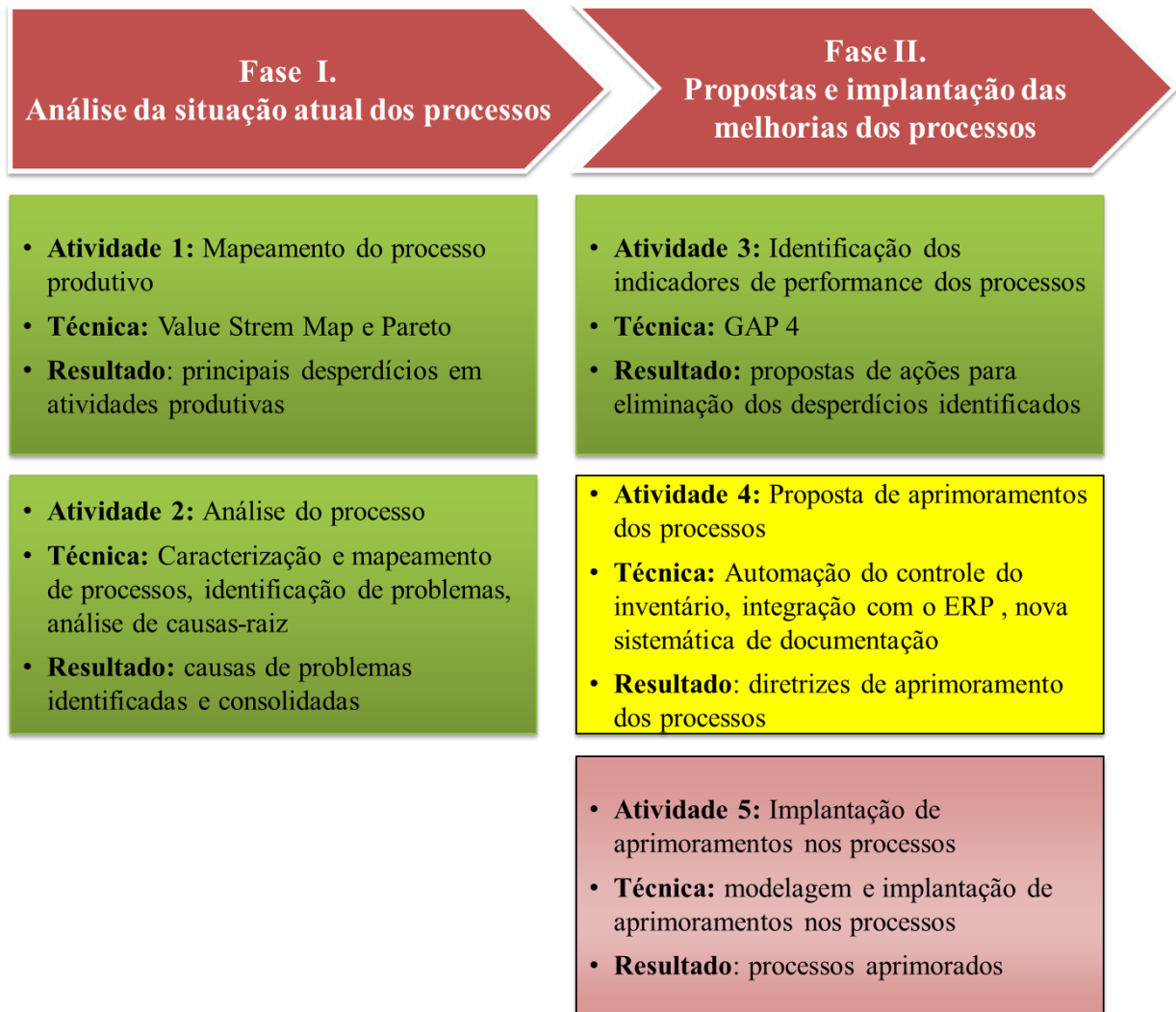
Neste ponto, novamente a metodologia adotada neste trabalho diferencia-se daquela proposta por Rotondaro (2005), pois incorpora a utilização de ferramentas desenvolvidas a partir da gestão de operações industriais introduziram diferentes abordagens de proposição de melhorias a partir das causas raízes identificadas, tais como a metodologia *GAP 4* (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007). Sua aplicação com base nos dados obtidos nas análises anteriores assegura que os planos de ação obtidos estarão alinhados com as causas existentes e com os objetivos operacionais definidos para as áreas da empresa.

Dentre os modelos existentes na literatura (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007), o trabalho utilizou a abordagem segundo a expectativa dos clientes internos, que necessita da definição dos seguintes pontos:

- Expectativas dos clientes internos e cálculo da diferença entre valor medido e o desejado;
- Identificação das causas do *gap*;
- Proposição de planos de ação para área analisada;
- Expectativas para fornecedores internos;

Ao final da aplicação do *GAP 4* será obtido um conjunto de ações para solução dos problemas identificados nos processos mapeados, através das informações dos diagramas de Ishikawa realizados ao final de cada processo. O conjunto de melhorias a ser implantado marca o início da discussão para proposição dos novos processos à organização, conforme figura a seguir:





**Figura 3.4:** Estágio de desenvolvimento do trabalho após os resultados da aplicação do método GAP 4, sinalizando o início das discussões sobre o novo processo (em amarelo).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os planos de ações obtidos ao final foram desdobrados em soluções considerando as alterações necessárias para sua adoção. Para as interfaces com a área de tecnologia de informação foram detalhadas as mudanças necessárias, tais como: aquisição de novas ferramentas de TI e revisão do ERP da empresa para sua integração com os novos processos.

A proposição de novas etiquetas de identificação para gestão de inventário demandou uma revisão dos principais modelos de etiquetas existentes no mercado, definição do conjunto de informações controlado pela empresa e levantamento das informações vitais às atividades; culminando com a escolha do modelo de etiqueta para gestão de inventário mais adequado às características operacionais encontradas na empresa.

Para apresentação das revisões de processo foram apresentadas as alterações realizadas, fazendo referência ao processo atual e detalhando qualquer conceito adicional associado com a adoção de uma solução em particular, como o modelo de *Stage-gates*, detalhado posteriormente.

### 3.3 MAPEAMENTO DO PROCESSO E COLETA DE DADOS

A coleta das informações necessárias para o desenvolvimento do mapeamento de fluxo de valor, mapeamento dos processos, realização dos diagramas de Ishikawa e dos níveis encontrados nos indicadores de desempenho representa ponto importante do estudo, pois traduz a realidade da operação e representa a base para as ferramentas utilizadas.

Este levantamento de dados ocorreu de duas formas distintas, de acordo com a existência de histórico de referência ou não para o dado desejado:

- **Processo com histórico disponível** – os tempos de realização das atividades controladas pelo ERP, ou possíveis de captação através dos indicadores disponíveis foram utilizados como histórico para elaboração do panorama de desempenho existente na empresa;
- **Processo sem histórico disponível** – os processos nos quais não existe registro de sua realização contemplado no ERP ou demais sistemas da empresa foram acompanhados *in loco* pelo autor para coleta das informações, bem como para mapear o fluxo do processo através de acompanhamento durante a realização das atividades;

Os processos mapeados e a metodologia de levantamento de dados utilizada foram validados com os respectivos gestores das áreas abordadas durante o mapeamento, bem como com a gestora responsável pela área de melhoria contínua da empresa.

### 3.4 A EQUIPE DE PROJETO

O autor fez parte de uma equipe multidisciplinar constituída para o desenvolvimento desse projeto, e que contava com profissionais de diferentes áreas, para garantir a participação de profissionais com as competências necessárias para cobrir todos os aspectos importantes. As seguintes áreas foram representadas durante o projeto:

**Tabela 3.1: Relação de profissionais participantes do projeto.**

<b>Área</b>	<b>Número de Profissionais</b>
Logística	1
Planejamento	3
Tecnologia de Informação	2
Qualidade	4
Compras	1
Lean Six Sigma	2

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Dentre os profissionais que compuseram a equipe de projeto, dois foram responsáveis pelo desenvolvimento das ações com base na sua natureza:

- **Ações de informática – Responsável: Coordenador de Tecnologia de Informação** – diz respeito à identificação das implicações do projeto em informática, tais como mudanças no ERP, inclusão de campos, criação de consultas, etc.;
- **Ações relacionadas aos processos – Responsável: profissional de Lean Six Sigma** – foi definido um profissional relacionado com as implicações do projeto nos processos existentes e criação dos novos processos da fábrica. Atividades de mapeamento de processos, validação com os donos do processo, etc.;

O autor do trabalho foi designado como responsável pelo desenvolvimento das ações relacionadas aos processos: elaboração dos marcos do projeto durante seu desenvolvimento, participação de todas suas ações, reportando e liderando as reuniões do time e participação dos gestores para acompanhamento e atualização do andamento das atividades durante sua elaboração.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Este capítulo descreve os resultados obtidos durante as atividades realizadas a partir de setembro de 2010 e no decorrer do ano de 2011. As informações foram coletadas no período de estágio supervisionado realizado na empresa e sintetiza as ações desenvolvidas para incrementar o desempenho de uma indústria fabricante de equipamentos para o setor de Óleo & Gás, com base no objetivo estratégico definido pela empresa de ter a totalidade de seus itens entregues dentro dos prazos contratuais definidos com os clientes.

O capítulo está dividido nas seguintes seções, que refletem os estágios existentes para elaboração do trabalho:

- 1. Características gerais do processo produtivo** – apresenta a forma de produção existente na organização, o layout existente, fluxo de produção e de informações e demais características gerais do processo produtivo. Tem por objetivo contextualizar o leitor com a forma geral da empresa, apresentando o modo de divisão das e discutindo a lógica existente no processo de produção;
- 2. Estado Atual** – traça o panorama inicial dos processos existentes na organização, através do mapeamento de processos realizado, suas características principais (dono do processo, fatores críticos de sucesso) e análise de causa raiz para cada processo. Ao final desta etapa terão sido apresentadas as atividades que compõe o processo produtivo, obtido os mapas de processos e mensurado seu desempenho atual, elencando as causas atreladas ao desempenho obtido. Essas informações contribuirão para determinar o estado atual e a diferença existente para com os valores desejados, definidos pela direção da empresa;
- 3. Análise do processo** – os dados obtidos a partir da apreciação dos diferentes processos são consolidados para mostrar as deficiências existentes nas atividades de geração de valor ao cliente da organização. Consiste na união das diversas fontes de desperdício identificadas em cada processo para averiguar a atuação de uma mesma causa em mais de um processo, contribuindo para potencializar os ganhos obtidos por suas correções;

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROCESSO PRODUTIVO

Como tratado no item 1.1, a planta estudada se caracteriza como uma das poucas unidades nas quais são produzidas as duas famílias de produtos: sistemas de perfuração submarina (*Subsea Drilling System* – SDS) e sistemas de produção submarina (*Subsea Production System* – SPS). A maioria das plantas de Óleo e Gás da empresa no mundo dedica-se à produção de um dos dois tipos de produtos. Contudo, essa produção de elementos com características distintas geram empecilhos e facilitam o surgimento de eventos que represam o fluxo produtivo, retardando a geração de valor para o cliente.

A despeito das diferenças estruturais entre as duas famílias de produtos, as etapas de processamento dos componentes e produção dos equipamentos dividem as mesmas áreas funcionais da planta, apresentando variações quanto às especificações de cada etapa de acordo com as características construtivas definidas pela área de engenharia industrial e engenharia do produto.

As definições do processo produtivo iniciam-se pelo entendimento do fluxo de informações a partir da colocação do pedido e suas implicações na fábrica e segue as seguintes etapas de planejamento:

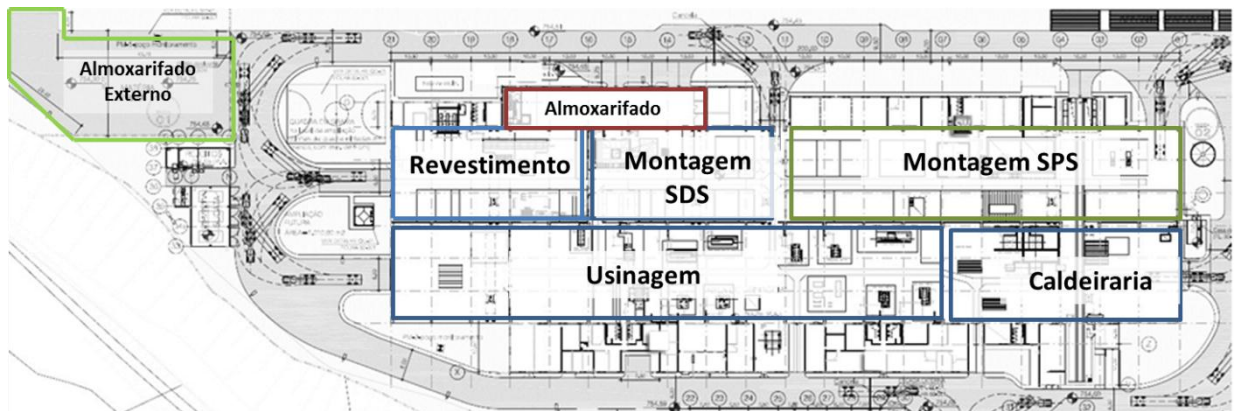
- 1) Definição das datas contratuais – com assinatura do contrato de fornecimento de equipamentos são estabelecidas as datas previstas para entrega dos itens solicitados, essa data é definida como **data contratual**, e alimenta a geração do Programa Mestre de Produção (PMP), que define as quantidades e itens a serem produzidos em cada trimestre (horizonte definido pelo Planejamento para sua preparação).
- 2) Processamento do MRP (*Material Requirement Planning*) – ao ter conhecimento dos itens que deverão ser produzidos é necessário discutir a origem dos componentes utilizados: produção interna (*Make*) ou compra do componente semiacabado (*Buy*). Esse questionamento é respondido através da rodada de processamento do MRP, levando em consideração a capacidade disponível internamente, as paradas programadas para manutenção e as datas contratuais dos pedidos;

- 3) Programação semanal – os componentes de origem interna gerarão ordens de produção (OP) associadas com sua preparação e serão inseridas na programação semanal de cada área visando atendimento das datas contratuais. Quaisquer desvios identificados que retardem a execução da ordem e possam comprometer o atendimento da data é comunicado aos setores interessados (Planejamento e Contratos) para garantir monitoramento preciso da produção programada;
- 4) Solicitações de cotação – os componentes cuja produção for alocada aos fornecedores externos pelo MRP darão origem a solicitações de cotação para a área de compras, responsável por providenciar sua execução junto a um fornecedor homologado de acordo com a data de necessidade especificada na descrição da solicitação. As solicitações podem ser tanto para compra do item inteiro quanto para requisição apenas de algumas etapas de produção (usinagens ou tratamentos térmicos, por exemplo). O segundo caso dá origem as operações conhecidas como de subcontratação, com parte do processo realizado também internamente;

A retroalimentação eficiente das etapas descritas anteriormente é fundamental para garantir atendimento à data contratual acordada com o cliente. Esse requisito é critério ganhador de pedido para os clientes (SLACK, 1993) devido ao complexo conjunto de operações associadas com a perfuração e exploração de poços de produção e a importância dos equipamentos fornecidos no cronograma de execução desses empreendimentos, sendo parte do caminho críticos dos projetos definidos.

No tocante a disposição dos equipamentos e fluxo de materiais existente na fábrica o arranjo físico observado na planta é funcional, com a divisão da empresa em agrupamentos que reúnem máquinas e equipamentos necessários para realizar suas atividades (SLACK et al, 1997). Cada área conta com uma estrutura de inspeção responsável por realizar a liberação de cada peça para a área funcional subsequente descrita no roteiro da peça. Para sustentar a classificação do arranjo funcional existente, a Figura 4.1 apresenta o arranjo físico da empresa, sendo o fluxo produtivo descrito na Figura 4.2, que representa o roteiro da grande maioria dos itens fabricados na planta. Alguns componentes por suas características de projeto ou simplicidade de produção podem não conter todas as etapas descritas na figura em seu roteiro de fabricação. Contudo, se inserem no fluxo principal em algum momento, bem como

os produtos que passam por operações subcontratadas de terceiros obedecem a essa mesma sequencia.



**Figura 4.1 – Representação de distribuição das áreas funcionais da empresa.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A Figura 4.1 permite visualizar as diferentes seções da empresa e entender o deslocamento físico das peças ao longo do processo produtivo. Iniciando a partir do almojarifado de matérias-primas e passando através das áreas funcionais (usinagem, caldeiraria, revestimento e montagem) até sua entrada no almojarifado de produtos acabados.

As áreas funcionais existentes na empresa são:

**1. Almojarifado** – área de armazenagem das matérias-primas, dos produtos semiacabados e dos itens finalizados. Utilizando a descrição dos tipos de itens armazenados é possível entender os critérios segundo os quais os itens estão dispostos do almojarifado:

- Matérias-primas ficam armazenadas desde o recebimento até requisição da fábrica definida pelo Programa Mestre de Produção (PMP);
- Itens semiacabados (produzidos internamente ou adquiridos já finalizados) são armazenados e reunidos em kits para envio à Montagem, conforme programação semanal;
- Produtos acabados são armazenados na área de expedição aguardando conclusão de documentação para posterior faturamento e envio ao cliente;

A discussão sobre quais itens serão produzidos internamente ou adquiridos semiacabados de fornecedores qualificados é realizada pelo Planejamento quando da execução do MRP (Material Requirement Planning), podendo ser definido também a realização de atividades produtivas

2. **Usinagem** – responsável pelos processos de desbastes das matérias primas. Mandrilhadoras e tornos CNC, além de dois centros de usinagens são responsáveis pela manufatura de perfis roscados, furos, engates e demais geometrias definidas pela engenharia do produto. Os materiais percorrem as estações de trabalho da área, onde são realizadas as operações descritas no roteiro de produção e a checagem das operações através das bancadas de controle de qualidade, sendo verificado o atendimento dos critérios de especificação conforme definido no roteiro;
3. **Caldeiraria** – constituída pelos aparelhos de solda TIG (*Tungsten Inert Gas*), soldas manuais e soldas em arco submerso. Após a realização das operações é necessário realizar o alívio de tensão, que consiste no resfriamento controlado da peça para garantir a manutenção das características mecânicas do material, e as atividades de verificação de qualidade das soldas realizadas (testes com raio X, verificação de porosidade por partícula magnética ou líquido penetrante);
4. **Revestimento** – diz respeito aos banhos químicos dados para o material com objetivo de proteger o metal contra ação de intempéries, a partir da aplicação de uma camada de fosfato ou tratamento por bissulfeto, dependendo das especificações definidas no roteiro da peça. Após a realização dos tratamentos de revestimento a peça semiacabada está pronta para ter sua ordem de produção finalizada. Nesse momento é realizada sua disposição na área de entrada do almoxarifado para término de sua ordem de produção e armazenamento do item até sua requisição para montagem;
5. **Montagem e Teste SDS / SPS** – responsável pela união dos diversos itens que constituem os conjuntos finais. Além da finalização de montagem, essa área é responsável pela realização de testes que simulam as condições de operação as quais os equipamentos estarão sujeitos. Os kits definidos na programação



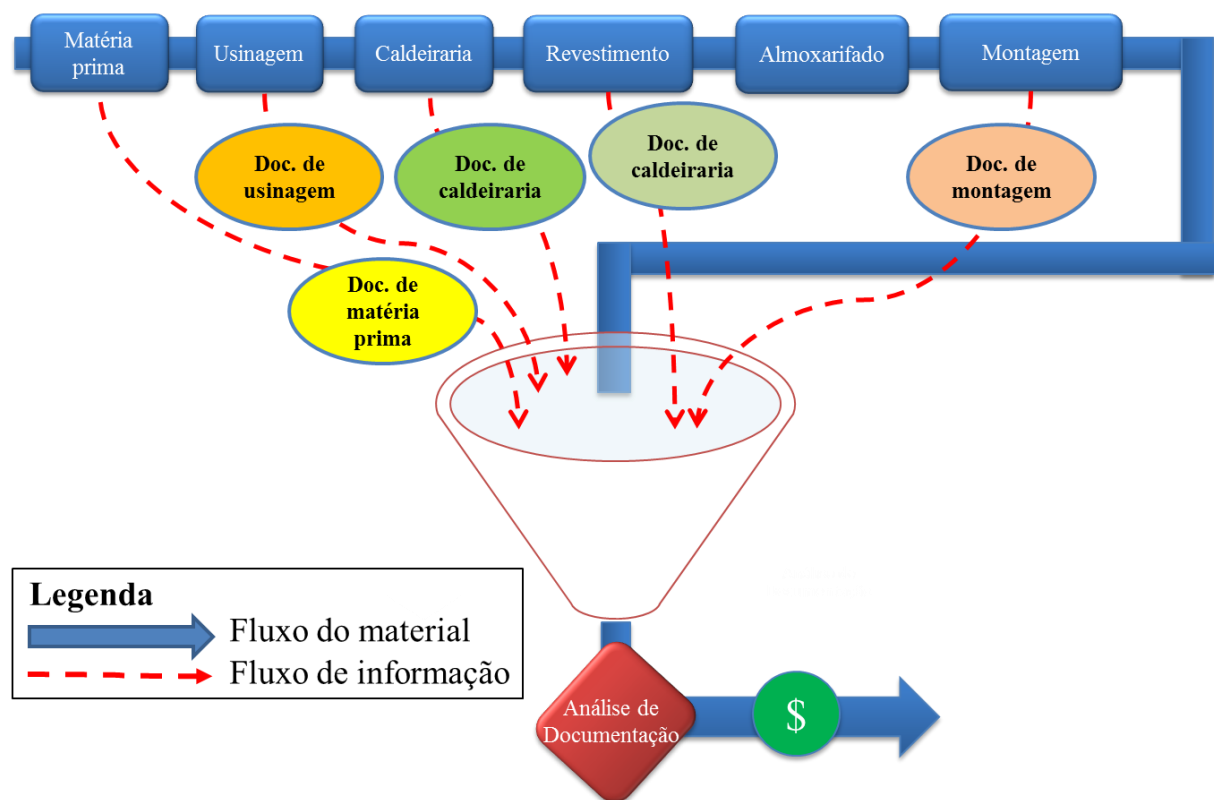
semanal do almoxarifado são montados, testados e finalizados conforme as condições descritas no roteiro e aos procedimentos de montagem da área;

Além das áreas funcionais descritas anteriormente, existem áreas de suporte ao processo produtivo:

- a. **Engenharia de Produto** – responsável por desenvolver novos produtos que atendam as necessidades operacionais do cliente. Os produtos desse segmento apresentam alto nível de customização associado com as condições do local no qual se dará sua instalação, visto que as variáveis de lâmina d'água, tamanho do poço e tipo de exploração não são uniformes. Logo, esse departamento é responsável por estudar todas as variáveis e dimensionar o equipamento em conformidade com esses parâmetros;
- b. **Engenharia Industrial** – segmentado para cada área funcional da empresa, é composta por um corpo técnico com expertise do produto e profundo conhecimento das características dos processos realizados em cada área. Esse setor é responsável pela produção dos roteiros e por qualquer questionamento dos profissionais das áreas sobre detalhes do produto e processo;
- c. **Contratos** – responsável pela elaboração das propostas de fornecimento de equipamentos e por todo o relacionamento entre a empresa e os clientes. A área ganha especial importância por conter o registro de quais os produtos que contarão com inspeção do cliente durante alguma etapa do processo – essas inspeções chamadas de “*Hold Point*” consistem na apreciação de todas as características do processo (peças, testes, instruções de trabalho, operadores), para assegurar que todos os recursos envolvidos estão em conformidade com as condições pré-estabelecidas pela engenharia de produto e pela área de contratos (com participação do corpo de engenharia do cliente). A realização dessas inspeções acarreta procedimentos que diminuem a velocidade de realização das etapas e diminuem a fluidez do processo;
- d. **Qualidade** – fundamental para um segmento de negócio tão exigente como a indústria do petróleo, nos quais qualquer desvio de funcionalidade ou falha operacional pode significar desastres ambientais com graves consequências. Esse setor encontra-se dividido entre as áreas funcionais, sendo responsável pela

inspeção de liberação de cada peça antes da continuidade do processo produtivo. Seus profissionais zelam pelo cumprimento das informações contidas nas instruções de trabalho e suporte às inspeções realizadas pelo cliente, comumente chamadas *Hold Point*. Além das atividades internas, a Qualidade deve trabalhar em conjunto com a área de Suprimentos para capacitar os fornecedores da empresa e garantir que os insumos adquiridos estejam em concordância com os parâmetros definidos pela Engenharia de Produto;

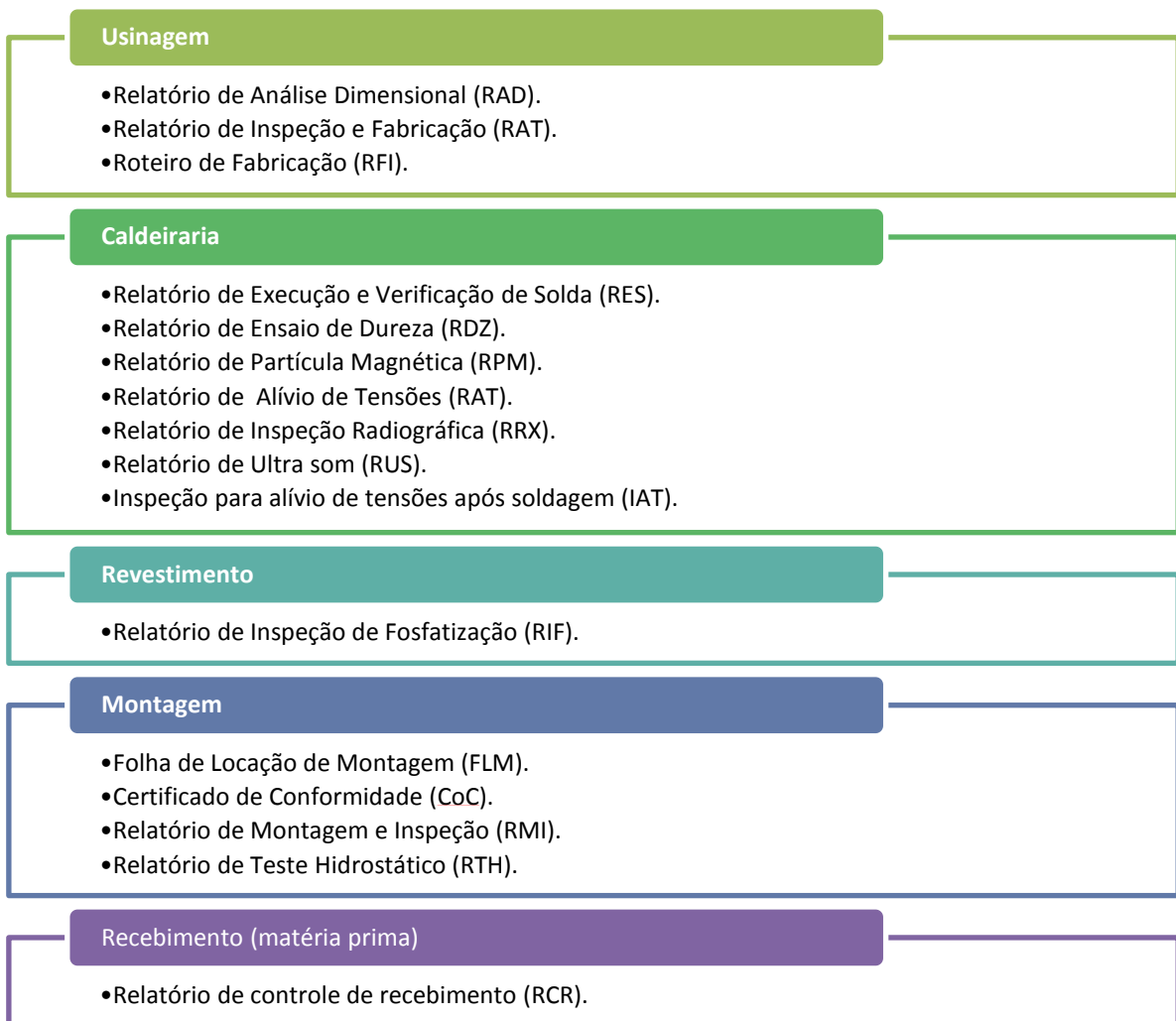
Seguindo o fluxo apresentado na Figura 4.2, o processo produtivo existente na empresa se inicia a partir do envio da matéria-prima para fabricação dos itens semiacabados (componentes usados nos kits de montagem dos equipamentos) para a usinagem, seguindo para caldeiraria e revestimento, completando o ciclo produtivo para esses componentes. O término dessa fase é caracterizado pelo fechamento da ordem de produção do item semiacabado e é liberado seu armazenamento no almoxarifado. Posteriormente, os kits que compõem os equipamentos finalizados são reunidos e enviados para a área de montagem para sua união, testes e simulações de condições de operação.



**Figura 4.2 – Representação do processo produtivo existente, mostrando o fluxo de materiais ao longo das áreas funcionais e o fluxo de registros de processo (informação) para averiguação final.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todavia, durante as etapas de transformação de matéria-prima são gerados registros que atestam o atendimento aos critérios especificados pela Engenharia de Produto para o desempenho de cada item, que são verificados ao final do processo produtivo para assegurar que as características do equipamento montado estão em conformidade com as especificações do cliente. A Figura 4.2 apresenta a lógica existente no processo de produção da organização, com a representação do fluxo de materiais e do fluxo de registros (informação) existentes, o conjunto de registros existentes na empresa (bem como suas áreas de origem) são mostrados a seguir:



**Figura 4.3: Relação de documentos gerados em cada área funcional da empresa.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

## 4.2 ESTADO ATUAL

Tendo em vista a necessidade de incrementar o desempenho do processo produtivo analisado, este tópico apresenta a forma de produção atual, suas características e restrições. Para tanto serão utilizadas as ferramentas de engenharia condizentes com as necessidades identificadas durante as análises.

### 4.2.1 *Identificando o fluxo de valor*

Um dos principais questionamentos durante a definição de cada atividade diz respeito ao conceito de valor gerado pela atividade e sua importância para o cliente. O conjunto de atividades de uma organização deve ser orientado com base nas percepções de valor e, consequente, disposição para seu custeio por parte do cliente. As etapas que não agregam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao valor mínimo possível, caso sua extinção não seja possível (WOMACK; JONES, 1996).

A identificação do fluxo de valor realizado na organização tem por objetivo traçar as etapas necessárias desde a colocação do pedido nos fornecedores de matéria-prima até a entrega do produto ao cliente, mostrar o encadeamento de atividades e os valores de *lead time* e tempo de ciclo de cada etapa. Essas medidas de tempo são fundamentais para identificação de desvios, tais como falta de balanceamento no processo produtivo, configuração de gargalos, geração de estoque em processo (*work in process*) e informações adicionais (número de profissionais que executam determinada etapa, tempo de setup, dentre outros).

Para conhecer o estado atual e mensurar seu desempenho foi utilizada a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM – *Value Stream Mapping*) para transcrever o conjunto de etapas e levantar as informações específicas referentes ao tempo de operação, tempo de setup, característica da produção (empurrada ou puxada) e demais aspectos produtivos.

Para realização do levantamento dos valores de *lead time*, tempo de ciclo e demais dados que definem os processos existentes foram utilizadas as seguintes fontes de informações:

- **Valores de *lead time* e tempo de ciclo** – obtido a partir do sistema de apontamento de horas inserido dentro do ERP da empresa, obtendo a duração de cada atividade dentro das ordens de produção executadas e os valores das horas produtivas apontadas nessas ordens. Os dados coletados dessa forma contemplam as seguintes atividades:
  - Separação de itens no almoxarifado (para montagem ou para manufatura);
  - Montagem;
  - Processos de manufatura (usinagem, caldeiraria e revestimento);
  - Inspeções de qualidade;
- **Observações da duração de cada atividade realizadas in loco** – atividade realizada pelo autor do trabalho, complementado com entrevistas realizadas com os operadores e comentários adicionais realizados pela liderança dessas áreas. As atividades que não estão diretamente vinculadas com etapas de roteiro das ordens de produção não dispõem de sistemáticas de registro dos seus tempos e sua duração foi determinada com base nos questionamentos realizados e em seu acompanhamento realizado durante as atividades de estágio;

O período de coleta dos dados utilizados para registrar o desempenho da empresa na realização de suas atividades variou conforme a fonte dos dados:

- **Dados obtidos a partir do ERP** – para mensurar o desempenho das atividades com desempenho registrado no sistema utilizado pela empresa foram considerados os registros efetuados entre setembro de 2010 e julho de 2011, devido à facilidade de coleta das informações;
- **Dados obtidos a partir de coleta in loco** – o acompanhamento realizado junto aos operadores para determinar o mapeamento das atividades e seu desempenho foi realizado entre setembro de 2010 e maio de 2011, com o período de acompanhamento variando entre uma e duas semanas dependendo da complexidade da atividade;

Os resultados obtidos a partir dos dados levantados foram consolidados segundo as proposições de Womack e Jones (1996) e sintetizados na Figura 4.5, que representa a sequencia de atividades realizadas desde a chegada da matéria-prima até expedição dos produtos acabados aos clientes. Para tratar os dados obtidos foi utilizada a seguinte sistemática:

- **Lead time da atividade** – medida de tempo que compreende o intervalo entre o início de uma atividade e da atividade imediatamente subsequente, iniciando a partir do primeiro estoque existente, que se refere à inspeção de recebimento, visto que não são verificados estoques anteriores ao recebimento de materiais;
- **Tempo de ciclo da atividade** – obtido diretamente a partir dos dados do ERP ou através de acompanhamento in loco realizado;
- **Lead time total** – medida de tempo que compreende todo o processo de produção dos equipamentos, desde o recebimento da matéria-prima até sua finalização em um produto acabado;
- **Tempo de ciclo total** – representa a soma dos tempos de ciclo individuais de cada atividade obtidos a partir do ERP;

Para permitir maior entendimento dos dados relacionados a cada atividade mostrada na Figura 4.5, cada etapa do processo produtivo foi detalhada conforme o nível desejado para o desenvolvimento desse trabalho, contendo os seguintes detalhes:

- Número de profissionais por turno responsável pela realização da atividade;
- Tempo de ciclo da atividade;
- *Lead time* da atividade;
- Nível de estoque em processo aguardando processamento pela etapa;

A legenda comum para preparação do mapeamento de fluxo de valor encontra-se disponível no Anexo A.

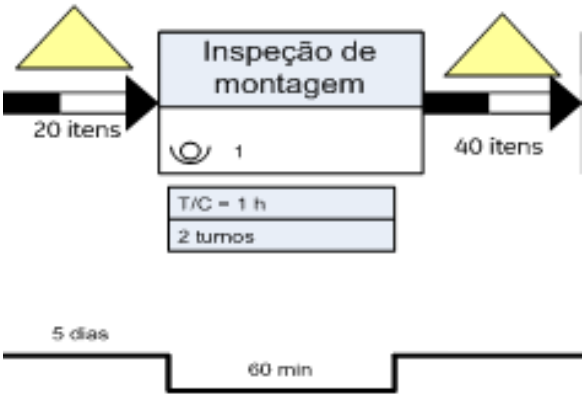
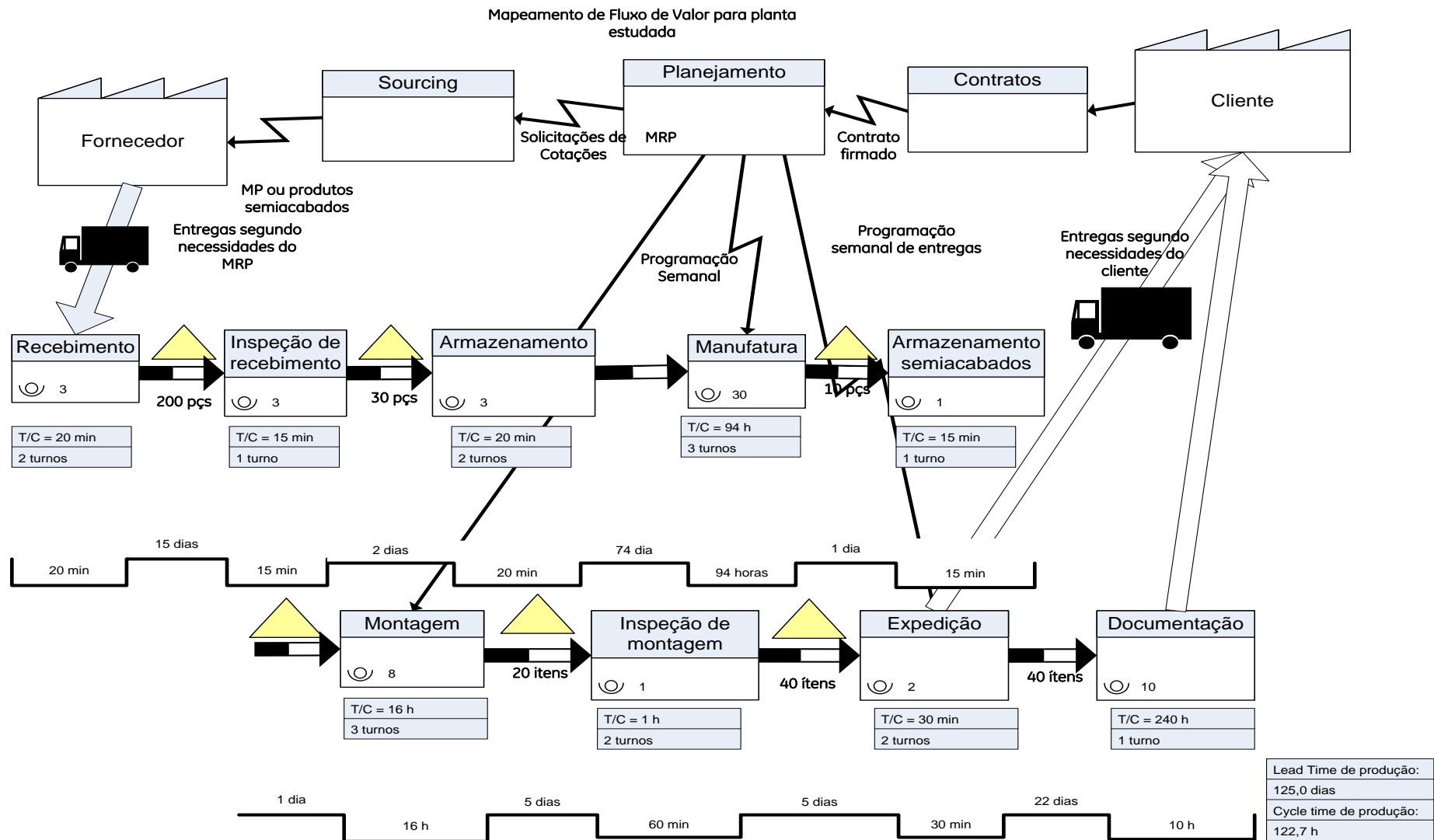


Figura 4.4: Exemplo de detalhamento de atividade.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.1: Exemplo de detalhamento de atividade realizado no VSM, sendo utilizados os dados referentes à Inspeção de Montagem.

Característica	Valor
Número de profissionais por turno	1 profissional
Tempo de Ciclo	60 min
Número de turnos da etapa	2 turnos
Lead time	5 dias
Estoque aguardando processamento	20 itens

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 4.5: Mapeamento do Fluxo de Valor para os produtos estudados.**  
 Fonte: Elaborado pelo autor.



Os valores de *lead time* e tempo de ciclo associados à manufatura foram contabilizados, para fornecer um retrato completo do fluxo de valor estudado, mas não foram considerados para desenvolvimento de ações, não sendo desdobradas nas diversas atividades individuais (usinagem, caldeiraria, revestimento, dentre outros) devido à impossibilidade de participação do autor em atividades nessas áreas por ficar fora do escopo de sua atuação.

#### 4.2.2 Analisando o fluxo

Os dados obtidos no VSM permite mensurar o desempenho da empresa como um todo e as parcelas associadas a cada área. Os valores obtidos irão nortear a busca pelos desvios e ineficiências e subsidiar as análises futuras. Para permitir melhor visualização das informações contidas no VSM realizado, as principais informações foram consolidadas na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2: Valores de *lead time* e tempo de ciclo associados com o processo.**

<b>Etapa</b>	<b><i>Lead Time</i> – LT (dias)</b>	<b>Tempo de Ciclo – CT (horas)</b>
Recebimento	-	0,33
Inspeção de Recebimento	15,0	0,25
Armazenamento	2,0	0,33
Manufatura	74,0	94,0
Fechamento de OP	1,0	0,25
Montagem	1,0	16,0
Inspeção de Montagem	5,0	1,0
Expedição	5,0	0,5
Documentação	22,0	10,0
<b>Total</b>	<b>125,0</b>	<b>122,7</b>

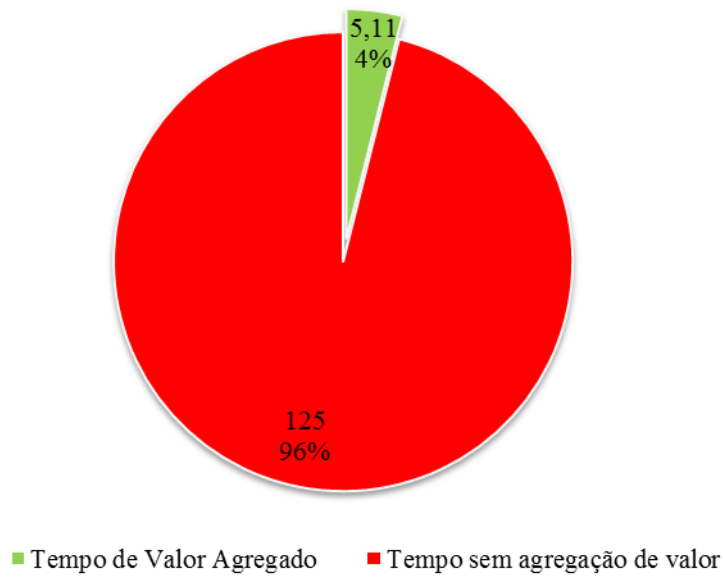
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Observando os resultados contidos no VSM da empresa (Figura 4.5) se percebe a grande variação entre *lead time* e tempo de ciclo associado com as atividades realizadas, tendo sido contabilizadas 122,7 horas de agregação de valor distribuídas em 125 dias, correspondendo a somente 4% do tempo em tarefas que agregam valor ao cliente.

A grande diferença existente entre os valores de *lead time* e tempo de ciclo é fruto dos desperdícios existentes no decorrer do processo produtivo e terminam por represar o fluxo de valor através de tempo de espera, filas, procedimentos manuais e demais atividades que não

agregam valor e comprometem a capacidade da empresa em honrar os prazos estabelecidos com o cliente.

### Relação entre lead time e cycle time para o processo estudado



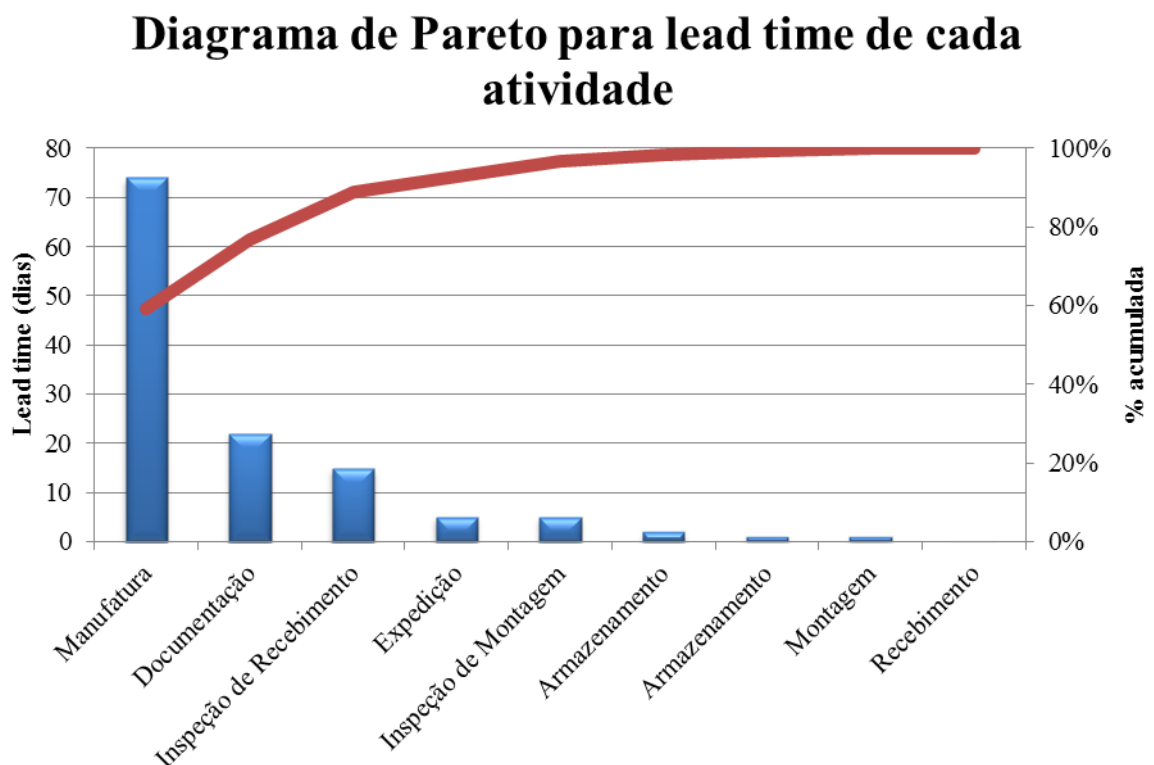
**Figura 4.6: Distribuição do tempo de operação entre atividades que agregam e que não agregam valor.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados coletados mostram de forma definitiva que melhorias nas atividades produtivas com redução do tempo de ciclo de cada atividade não resultariam em uma melhora significativa do desempenho da cadeia produtiva, pois significaria incremento em uma parcela que representa somente 4% do tempo total de produção.

A análise das causas de desperdício existentes, com proposição de ações para garantir ao processo maior fluidez e diminuição do montante de horas sem agregação de valor significa reduzir valores que representam mais de 96% do tempo total de produção. Essa afirmação corrobora com os ensinamentos de Womack e Jones (1996) que contestam a busca pela eficiência somente de etapas isoladas que levam à criação de superprodução ou geram filas nas etapas posteriores e ociosidade devido à inaptidão das etapas anteriores em fornecer os produtos com os intervalos necessários e com a quantidade demandada.

### 4.2.3 Identificando os desperdícios

Os dados obtidos a partir do VSM realizado, contidos na Tabela 4.2, retratam o desempenho de cada etapa do macroprocesso existente na organização. Esses valores, que indicam quais atividades são responsáveis pela maior parcela do *lead time* da empresa e devem ser usadas para priorização das ações de melhoria, foram ordenados de maneira decrescente em um diagrama de Pareto e deram origem ao Gráfico 4.1:



**Gráfico 4.1: Identificação das atividades de maior *lead time*.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

As atividades prioritárias definidas pelo Gráfico 4.1 determinam as atividades-problema com grande *lead time*, comprometendo a eficiência da cadeia. A partir dessa priorização definida pelo Pareto, os esforços dispendidos durante a execução do trabalho foram direcionados para a investigação das causas raízes desses desperdícios e posterior proposição de melhorias tendo em vista sua eliminação.

### 4.3 ANÁLISE DO PROCESSO

O desempenho obtido por cada etapa no VSM realizado (Figura 4.5) será utilizado como base para definição da prioridade na revisão das atividades existentes. Após definição dos valores associados às atividades realizadas na empresa se passou para apreciação com maior detalhamento dos principais problemas definidos no Gráfico 4.1, que consiste na enumeração em ordem decrescente das durações associadas a cada atividade.

**Tabela 4.3: Valores decrescentes de *lead time* para as atividades analisadas.**

<b>Etapa</b>	<b><i>Lead Time</i> - LT (dias)</b>
Manufatura	74,00
Documentação	22,00
Inspeção de Recebimento	15,00
Expedição	5,00
Inspeção de Montagem	5,00
Armazenamento	2,00
Fechamento de OP	1,00
Montagem	1,00
Recebimento	0,00
<b>Total</b>	<b>125,0</b>

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Contudo, como já dito no item 4.2.2, este trabalho não analisará os tempos de processo referentes à manufatura, visto que já existem iniciativas de melhorias em paralelo ao desenvolvimento do presente trabalho e envolvem ações que fogem ao escopo das atividades realizadas pelo autor na empresa, cabendo ressalva que movimentos de melhoria estão sendo desenvolvidos nessas áreas.

O VSM permite mensurar o desempenho dos processos, porém não informa a sequência de realização de cada atividade, ficando em um nível de análise muito amplo que necessita de uma observação mais detalhada para identificar as possibilidades de correção e melhoria na geração do fluxo de valor, utilizando para tanto a modelagem de processos em BPMN (VALLE; OLIVEIRA, 2009). Dessa forma, os valores mostrados na Tabela 4.3, exceto pela parcela correspondente à manufatura, define a ordem de análise dos processos em maior nível de detalhamento.

Para determinar fontes de ineficiência nos processos listados na Tabela 4.3 será utilizada a metodologia de gerenciamento de processos de negócio (BPM – *Business Process Management*), segundo as definições de Valle e Oliveira (2009), e as ferramentas de qualidade descritas no capítulo 2. Os processos serão mostrados segundo ordem definida pelo Gráfico 4.1, em ordem decrescente de *lead time* de realização.

#### 4.3.1 O mapeamento realizado

Os processos ordenados na Tabela 4.3 foram desenhados a partir de acompanhamento in loco realizado pelo autor durante o período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011. **Os mapas obtidos foram validados com os funcionários e os respectivos gestores**, bem como as principais características do processo (dono do processo, cliente do processo, fatores críticos de sucesso), segundo a abordagem proposta por Rotondaro (2005).

Os processos críticos para a organização, críticos pela importância na agregação de valor ao cliente e pelo desempenho mensurado que necessita de incremento (ROTONDARO, 2005), foram identificados e serão mapeados para permitir maior detalhe na sequência de etapas que constituem sua execução.

Para tal mapeamento, a seguinte sequência de atividades foi obedecida:

- 1) Acompanhamento da realização das tarefas pelo autor;
- 2) Validação do processo mapeado com os funcionários e sua revisão, caso necessária;
- 3) Validação do processo mapeado e demais características (FCS, dono do processo, cliente do processo, deficiências encontradas) com os gestores do processo;

Os dados obtidos a partir desse mapeamento forneceram os elementos necessários para identificar não somente as características de operação, mas as deficiências incorridas na sua realização. Possibilitando profundidade de análise superior àquela possível pelo VSM realizado.

Como citado na proposição anterior, a verificação dos processos será referenciada na sistemática proposta por Rotondaro (2005), entretanto o tratamento utilizado no trabalho incorreu em resultados que torna redundante a aplicação de alguma das etapas propostas no modelo: a seleção dos processos prioritários é obtida diretamente da observação dos resultados do VSM, eliminando tal etapa do modelo de Rotondaro (2005).

#### 4.3.2 Processo de Documentação

O processo de documentação consiste na conferência dos registros gerados ao longo do processo produtivo e verificação da aceitação dos parâmetros definidos pelo cliente. Devido à criticidade dos equipamentos produzidos são realizadas inspeções e testes durante todo o período de elaboração do item e são gerados registros que comprovam o atendimento aos requisitos definidos. Ao final da preparação do item, esses registros são coletados e consolidados em um dossiê (*databook*) enviado ao cliente: **nenhum item pode ser faturado sem a conclusão dessa etapa.**

##### Características gerais do processo de documentação

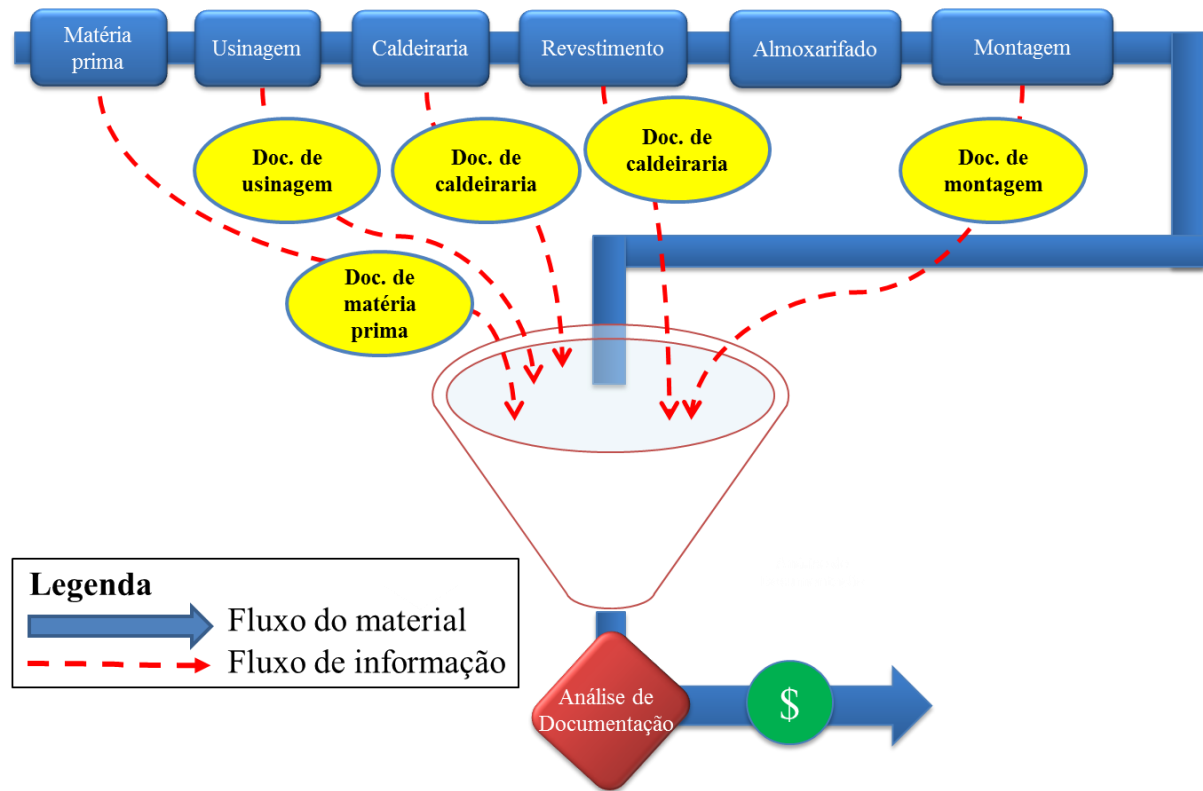
Dono do Processo	Qualidade
Cliente do Processo	Contratos (documentos de montagem)
	Áreas produtivas (documentos ao longo do processo)
Fatores Críticos do Processo	Acurácia na verificação
	Rapidez na análise
	Garantia de rastreabilidade

**Quadro 4.1: Principais características do processo de documentação.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Após a conclusão de qualquer etapa produtiva, o produto é inspecionado pelo profissional de qualidade responsável pela área funcional na qual a peça se encontra e são verificadas se as atividades realizadas observaram as determinações definidas nas instruções de trabalho relacionadas, sendo possível requisitar que qualquer medição seja refeita perante o inspetor para sanar quaisquer dúvidas. Os profissionais que exercem tal fiscalização recebem grande capacitação através de cursos e programas de aperfeiçoamento desenvolvido pela estrutura da qualidade e pela engenharia industrial para garantir os conhecimentos necessários para realização dessas atividades. Tendo sido observado os procedimentos adequados, o inspetor deve preencher o relatório de qualidade associado e garantir seu encaminhamento à

área de documentação para sua disposição no sistema de gestão eletrônica de documento, os documentos gerados ao longo de todas as áreas produtivas constituem o fluxo de informação mostrados na Figura 4.7.



**Figura 4.7: Representação dos registros de produção mostrados na Figura 4.3, em amarelo, e sua consolidação ao final do processo produtivo.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Cada registro diz respeito à conclusão de uma das análises realizadas ao longo do processo produtivo. Caso o componente esteja de acordo com os requisitos estipulados pela Engenharia de Produto para sua aprovação, o registro documenta essa condição e compõe o histórico produtivo do item. Em caso de reprovação, é realizada a documentação do desvio observado e identificado o registro de não conformidade associado a tal ocorrência.

Dentre os documentos originados no decorrer do processo, a Folha de Locação de Montagem (FLM) merece especial destaque. Esse registro detalha as informações de cada item considerado crítico pela engenharia de produto e deve ter sua rastreabilidade assegurada através da identificação das características únicas desses componentes em cada conjunto de montagem, um exemplo do formulário utilizado no preenchimento de uma FLM pode ser observado no Anexo B.

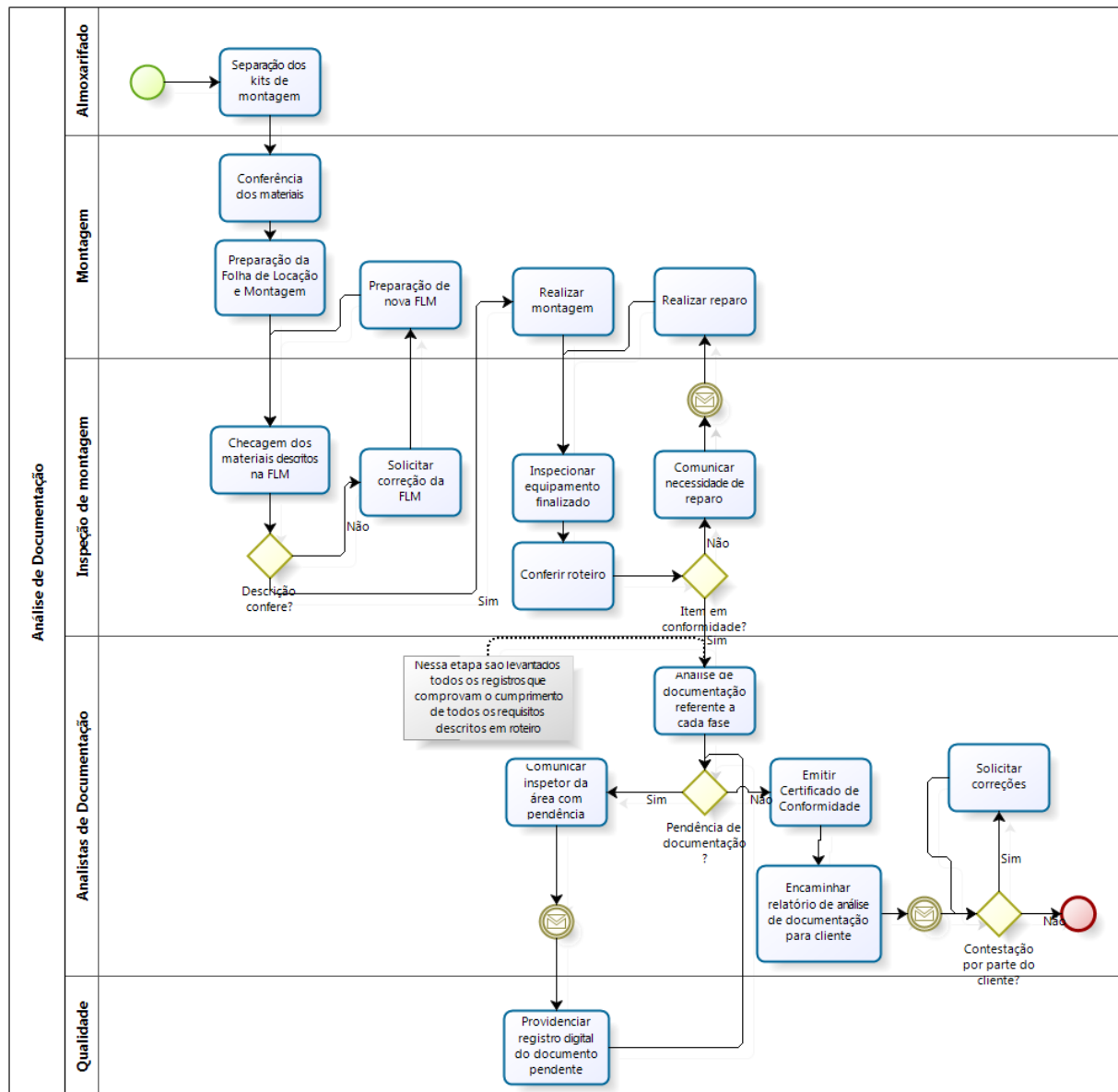
A realização do preenchimento desse registro deve ser feito pelo montador após a disposição do kit de peças para montagem pelo almoxarifado. Com a entrega dos componentes com base na relação contida na *bill of material* (BOM) de cada ordem de produção de montagem requisitada, o operador deve anotar os dados de identificação de cada item e garantir a associação do conjunto com os lotes que constituem seus componentes, possibilitando rastreabilidade de fornecedor, condições de produção, testes aos quais o material foi submetido, inspetores responsáveis pela liberação do material e demais informações relevantes. A quantidade de informação obtida a partir do preenchimento desse documento reforça sua criticidade para o processo e permite entender as consequências de qualquer falha originada na etapa de transcrição das informações gravadas nas peças àquelas contidas na FLM.

Após a conclusão das atividades de montagem e teste com a realização de todas as etapas de produção regidas pelos procedimentos de qualidades correlatos é iniciada a preparação do *databook* (dossiê de documentos enviado ao cliente que comprova a realização de cada etapa de acordo com as especificações definidas). O número de registros coletados varia de acordo com a complexidade do produto montado e pode variar de algumas dezenas a milhares de documentos que devem ser validados e reunidos para envio ao cliente.

Para exemplificar o número de registros originados para um item, consideremos um item com baixa complexidade (o que implica etapas de processo e, por consequência, menos registros), para esse exemplo podemos observar a criação de 38 registros. Levando em consideração que o volume de produção média desse item é de 40 unidades mensais pode-se afirmar que mensalmente são analisados em torno de 1.600 registros somente desse tipo de produto, some-se a isso o produto de maior complexidade da empresa com mais de 5.000 componentes e será possível entender o volume de registros analisados.

Dando seguimento na análise, o mapa de processo elaborado será apresentado a seguir:





**Figura 4.8: Modelagem em BPMN para Análise de Documentação.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tanto os profissionais descritos como “Análise de Documentação” quanto os profissionais descritos como “Qualidade” na Figura 4.8 fazem parte dos quadros da área de Qualidade, contudo o segundo grupo diz respeito aos inspetores de qualidade colocados nas diversas áreas funcionais e responsáveis pela produção dos registros que serão verificados pelos profissionais da “Análise de Documentação”.

Observando o processo nota-se a existência de verificação da documentação apenas como uma das últimas etapas no ciclo de produção, o que incorre em elevado escopo e volume para análise, devido ao fato de cada componente possuir seu próprio roteiro produtivo e, como tal, possuir os registros de qualidade associados a sua própria produção que não

foram analisados durante todas as etapas anteriores do ciclo de processamento. Apesar dos relatórios de montagem final serem únicos, aqueles gerados em cada etapa são individualizados para cada componente e seu número depende da complexidade de produção de cada elemento.

Com base nas informações coletadas durante entrevistas realizadas com os profissionais da área e acompanhamento das atividades por duas semanas como escopo de atuação no estágio da empresa foi possível determinar o encadeamento de tarefas para coletar os registros, reportar possíveis pendências, validar as informações fornecidas e produzir o conjunto de documentos enviados para o cliente junto ao produto correspondente, a Figura 4.8 corresponde ao diagrama resultante das observações feitas.

O conjunto de profissionais responsável pela execução das atividades mapeadas na Figura 4.8 é detalhado a seguir, os profissionais que não se referem à Análise de Documentação definem os profissionais da qualidade alocados ao longo do processo e seu escopo de trabalho:

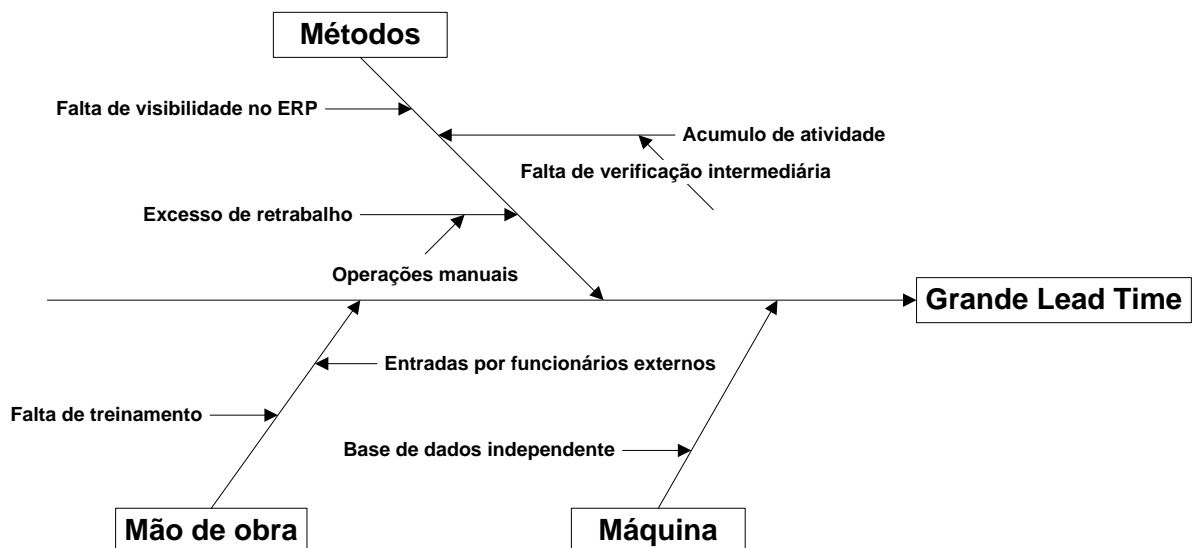
Área	Número de Profissionais	Escopo
<b>Usinagem</b>	3	Análise tridimensional. Inspeção de roscas e áreas de vedação.
<b>Revestimento</b>	1	Inspeção de pintura, jateamento e banhos químicos (fosfato e bissulfeto). Inspeção visual.
<b>Caldeiraria</b>	3	Testes LP&PM. Radiografia. Inspeção visual.
<b>Montagem</b>	2	Inspeção de Montagem. Teste de carga com simulação de operação.
<b>Análise de Documentação</b>	8	Levantamento de documentação produtiva e sua verificação. Elaboração de histórico de produção dos componentes para envio junto ao equipamento.
<b>Total:</b>	17	

**Quadro 4.2: Distribuição dos diversos atores do processo de documentação nas diferentes áreas.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A partir dos dados obtidos e tendo sido elucidado a ordem de encadeamento que define o processo de documentação, prossegue-se com a investigação das causas que represam a geração de valor ao cliente e são responsáveis pelo crescimento do *lead time* do processo.

#### 4.3.2.1 Problemas encontrados

Para examinar as origens do elevado valor de *lead time* observado no processo de análise de documentação foi feito uso do Diagrama de Ishikawa, para tanto foi realizado um processo de *brainstorming* contando com a participação do autor e outros cinco profissionais da organização (dois de *Lean Six Sigma* e outros três representantes da área) para assegurar conhecimento necessário para cobrir todos os pontos na análise. A reunião iniciou com a apresentação do processo mapeado e a discussão dos problemas identificados ao longo do processo de mapeamento, possibilitando a discussão sobre as origens dos desvios que impactam no *lead time* do processo e resultando no diagrama de Ishikawa mostrado a seguir:



**Figura 4.9: Diagrama de Ishikawa para processo de Análise de Documentação.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.2.2 Diagnóstico das deficiências

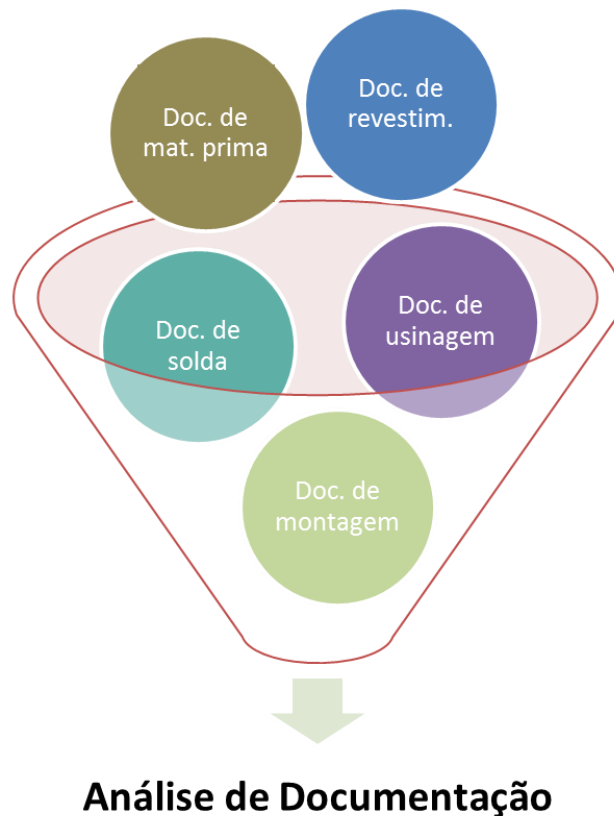
Os tópicos retratados na Figura 4.9 elencam as causas de desperdício que resultam no elevado *lead time* registrado para o processo de documentação. As categorias que não foram retratadas no diagrama (Meio ambiente, Medida e Matéria prima) não traziam contribuições para análise, sendo omitidas.

As causas dos problemas identificados foram:

- a. **Excesso de retrabalho e operações manuais** – a rastreabilidade dos materiais durante o processo demanda coleta de informações referentes ao registro da matéria prima, número de lote, revisão de engenharia do material, data de aprovação, identificação do inspetor e outros dados demandam transcrição de dados para diversos relatórios, essas informações são compiladas e verificadas durante todo o processo e, dessa forma, geram desperdício de retrabalho e inserem oportunidades de erro durante a execução das atividades;
- b. **Acúmulo de atividade para análise de documentação e falta de verificação intermediária** – a configuração de produção adotada nesse segmento acarreta criação de elevado número de registros associados a cada item que compõem os conjuntos de montagem<sup>1</sup>. Esses itens são reunidos conforme descrição de materiais contidas no BOM do equipamento e, ao término de sua montagem, inicia-se a análise dos registros para preparação da documentação. Contudo, essa forma de operação produz um elevado número de documentos que devem ser verificados e validados, levando a descoberta de problemas de documentação associados com os relatórios de matéria prima somente possam ser identificados ao final do processo de montagem, acarretando grande retrabalho, atrasando a finalização da análise para o equipamento e, conseqüentemente, podendo comprometer a programação de entrega do material, visto que as etapas produtivas já foram concluídas nesse momento. Na figura abaixo se tem uma representação do acúmulo de registros até sua apreciação pelo time de documentação, que se torna responsável por qualquer pendência verificada em qualquer etapa anterior;

---

<sup>1</sup> O modelo de Folha de Locação e Montagem utilizado para registrar a utilização de cada item contido no BOM do equipamento está descrito no Anexo B.



**Figura 4.10: Representação dos diversos registros e do acúmulo de atribuição para equipe de análise de documentação.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

- c. **Problemas no treinamento dos profissionais e entrada de dados por funcionários externos** – a criticidade das informações contidas nos registros torna imprescindível a acurácia dos dados coletados e se traduz em perdas quando existe necessidade de revalidação ou reprodução de novo registro para substituição daquele inconsistente. A participação de profissionais externos aos quadros da empresa, principalmente nos casos de itens adquiridos por intermédio de subcontratações, representa a geração de documentos por intermédio desses profissionais. No entanto, essas informações seguirão as mesmas tratativas daquelas manufaturadas internamente e deverão apresentar a mesma precisão nos dados reportados. Da mesma forma, é possível encontrar registros desenvolvidos internamente que contém rasuras e outros problemas de identificação que comprometem a leitura das informações nele contida;
- d. **Falta de visibilidade dos dados** – os registros coletados durante as diversas etapas são disponibilizados em uma base de dados criada no Microsoft Access® especificamente projetada para essa finalidade e, dessa forma, independente do

ERP da empresa. Essa configuração compromete o acesso desses dados à funcionários que não pertençam aos quadros da Qualidade e dificultam sua obtenção pelas demais áreas, principalmente ao Planejamento, que necessita dessas informações para análises de rastreabilidade para matéria prima;

- e. **Base de dados independente** – algumas das informações mais importantes para identificação dos itens, tais como o número de série ou revisão de engenharia, não estão contemplados nas tabelas de dados do ERP. Por esse motivo, os profissionais de tecnologia de informação da empresa desenvolveram uma base alternativa através da utilização do Microsoft Access® para seu registro. Essa base independente torna a consulta aos dados lenta e complexa, impactando diretamente na análise dos itens;

#### 4.3.3 Recebimento e Armazenamento

Processo inicial para entrada de materiais na planta quer sejam matérias-primas ou produtos semiacabados adquiridos do fornecedor. Responsável pela identificação dos itens e geração do registro de inspeção do material e validação conforme especificações definidas pela Qualidade, bem como pela conferência da documentação fiscal recebida junto ao material.

##### Características gerais do processo de Recebimento e Armazenamento

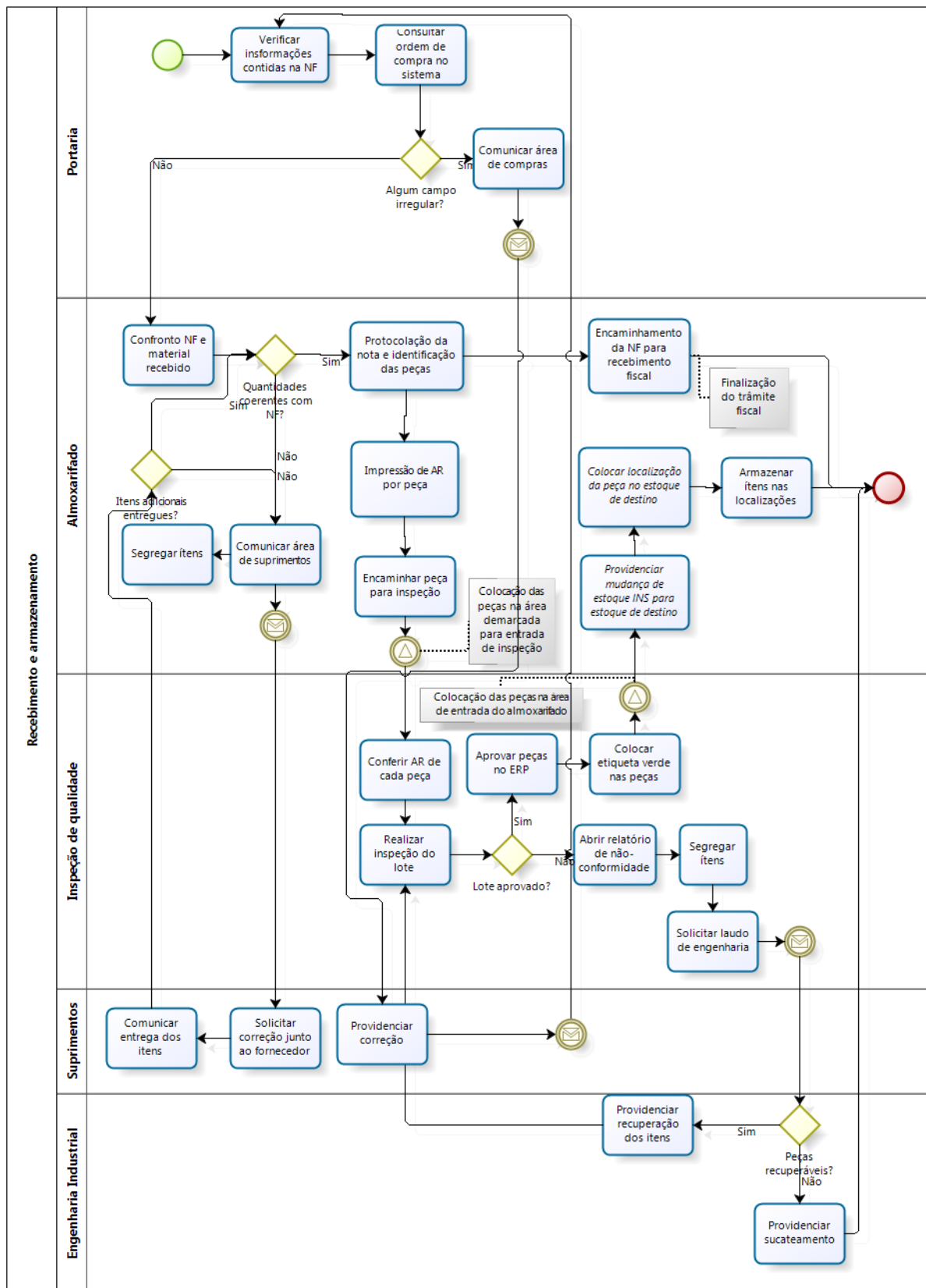
Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Planejamento (disposição dos itens para uso) Recebimento Fiscal (checagem da documentação fiscal)
Fatores Críticos do Processo	Acurácia na verificação física dos materiais Acurácia na verificação fiscal dos documentos Rapidez na conferência física dos materiais Rapidez na conferência fiscal dos documentos Acurácia no armazenamento

**Quadro 4.3: Resumo dos principais aspectos do processo de Recebimento e Armazenamento.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Prosseguindo com a análise das atividades com maiores valores de *lead time* identificada pelo VSM, o processo de recebimento e armazenamento constitui o processo de entrada de materiais na empresa e tem por objetivo verificar as informações associadas ao

material recebido, desempenhar as rotinas fiscais e de qualidade necessários e disponibilizar o material para seu armazenamento no almoxarifado.



**Figura 4.11: Mapeamento de processo para as atividades de recebimento e armazenamento.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**



O processo de recebimento apresenta uma série de *gates* nos quais são checados diferentes aspectos da entrega realizada (conferência fiscal, conferência física dos materiais, inspeção de qualidade e possível laudo de não-conformidade), caso seja identificado algum desvio durante as validações, o material deve ser segregado e a área responsável deve ser comunicada para realização das ações corretivas.

Após a chegada do material é realizada o primeiro teste de validação para o material recebido pela portaria, que é responsável pela verificação dos campos descritos na nota (destinatário, quantidade, valor, data de emissão da nota fiscal, número da ordem de compra referenciado na nota, etc.). Estando os dados inscritos na nota fiscal corretos deve ser consultado no sistema o código de identificação da ordem de compra relatada na descrição da nota fiscal, caso sejam encontrados desvios nos dados informados na nota ou não seja encontrada no sistema o código da ordem de compra informado, o departamento de Suprimentos deve ser informado para entrar em contato com o fornecedor e providenciar as devidas correções. A partir do número da ordem de compra o funcionário poderá visualizar as informações relacionadas ao pedido e confrontá-los aqueles apresentados na nota (descrição do item comprado, quantidade requisitada e valor cadastrado pelo comprador para compra), caso essas informações estejam corretas, a portaria providencia a impressão do Aviso de Recebimento (AR) para a entrega, que relaciona todos os materiais que estão sendo recebidos no sistema, e ocorre a liberação da entrada do material na planta. Cabe ressaltar que até esse momento todas as verificações são realizadas somente nos dados existentes na nota fiscal, não tendo sido realizada nenhuma conferência física do material, a não ser a inspeção de segurança do veículo quando de sua entrada na empresa, porém esta apresenta outro enfoque e não é capaz de identificar possíveis desvios nos materiais recebidos.

Quando o material recebe liberação para entrar na empresa é realizado o descarregamento da carga na área de recebimento do almoxarifado. Caso o recebimento se trata de material em processo – denominação de item em processo, que pode ser enviado para realizar algum tipo de atividade (tratamento térmico, revestimento, usinagem, dentre outros) externamente -, este deverá ser enviado diretamente para a próxima área do processo produtivo (informação descrita no roteiro que acompanha a peça) e não passa por inspeção de recebimento, visto que já deve ter sido inspecionado no final do processo realizado no fornecedor e já tendo laudo de qualidade para prosseguimento de sua manufatura, o volume de materiais e a simplicidade do tratamento dispensado aos materiais em processo fazem com

que sua consideração para efeitos de análise seja pouco proveitosa, sendo objeto do estudo o recebimento de materiais para armazenamento.

Com o material disposto na área de recebimento no almoxarifado é realizada a conferência física dos materiais, através do confronto entre o tipo de material e quantidade informados na nota fiscal e os materiais efetivamente disponibilizados para verificação, são observados também possíveis danos causados durante o trajeto e manuseio do material. Caso não existam quaisquer desvios tanto na nota fiscal quanto nas peças é realizada a liberação do veículo de entrega do material, impressão do Aviso de Recebimento por peça, que gera um registro para cada tipo de item relacionado no AR da entrega, possibilitando inspeção individualizada por cada tipo de item apresentado. O material inspecionado é enviado para área de entrada da inspeção de Recebimento, sendo que quaisquer desvios acarretarão encaminhamento do material a uma área segregada e comunicação ao setor de suprimento para providenciar correções. Após conferência do material com a nota fiscal, esta é encaminhada para o setor de Recebimento Fiscal que procederá com os tramites necessários.

A liberação do material para inspeção é realizado através de gerenciamento visual pela colocação do material conferido na área de armazenamento temporário da inspeção de recebimento, todo material que necessita de inspeção é encaminhado para essa área após sua verificação pelo recebimento no almoxarifado. Nessa fase, os inspetores de recebimento devem analisar o material com base nas características determinadas na base de especificação de materiais disponível no conjunto de normas da qualidade – essas normas, desenvolvidas pela área de Qualidade em conjunto com a área de Engenharia de Produto, determina as características que devem ser observadas pelos inspetores e quais as respostas aos resultados obtidos pelo material nos critérios verificados, com base nos critérios especificados o inspetor deve aceitar ou reprovar o lote de materiais recebidos.

Para facilitar a identificação do status associado ao material já inspecionado é colocada uma etiqueta em papel plastificada com as informações pertinentes ao material e identificando o status do item:

<b>APROVADO</b>	Código: _____ Data: __/__/__
	Número de Série: _____
	Número do Lote: _____ Quantidade: _____
	RCR: _____ Obs.: _____
	Ass. Inspetor: _____

<b>REJEITADO</b>	Código: _____ Data: __/__/__
	Número de Série: _____
	Número do Lote: _____ Quantidade: _____
	RCR: _____ GRB: _____ Obs.: _____
	Ass. Inspetor: _____

<b>REPROVADO</b>	Código: _____ Data: __/__/__
	Número de Série: _____
	Número do Lote: _____ Quantidade: _____
	RCR: _____ GRB: _____ Obs.: _____
	Ass. Inspetor: _____

**Figura 4.12: Etiquetas para materiais aprovados (VERDE), materiais com algum desvio (LARANJA) e para materiais sem oportunidade de reaproveitamento (VERMELHA).**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

As etiquetas contêm os seguintes campos de preenchimento obrigatório:

- Código do item – código alfanumérico que identifica o tipo de material, geometria e demais características;
- Data – registro do dia de realização da inspeção;
- Número de Série – código alfanumérico atribuído pela qualidade que individualiza uma peça pertencente a um lote de vários itens de mesmo código;
- Número de lote – registro da numeração do lote inspecionado;
- Quantidade – número de itens aprovados nesse lote;
- RCR – número de registro do relatório de conformidade do material, importante para eventuais consultas e garantia da realização do procedimento;

- GRB – a existência desse campo está condicionada à identificação de algum desvio no material inspecionado. A partir dessa constatação é aberto um relatório de não-conformidade que tem associado um número gerado no cadastro desse relatório na base da qualidade. Esse relatório deverá ser examinado pela engenharia industrial, planejamento ou suprimentos, de acordo com as características do desvio encontrado, e deve apresentar uma destinação ao material: devolução ao fornecedor, retrabalho interno ou sucateamento;
- Observação – campo aberto para registro de quaisquer informações adicionais;
- Assinatura do Inspetor – registro da identificação do profissional que realizou a inspeção do material;

A etiqueta verde ou laranja deve ser colocada imediatamente após o término da inspeção e traduzem o resultado da comparação entre os parâmetros necessários definidos pela norma e aqueles apresentados pela peça durante sua análise. Caso o material recebido seja composto por um lote com vários itens os inspetores realizarão análise por amostragem, com o tamanho da amostra determinado a partir de tabelas de referência que determinam esse tamanho pelo número de elementos do lote. Os critérios de aceitação ou rejeição são aplicados ao lote, assim caso o lote apresente número de desvios tais que supere o limite de aceitação, todos os componentes deverão ser rejeitados, identificados com a devida etiqueta (laranja) e enviados para área segregada para itens que apresentam qualquer desvio e não podem ser utilizados em processo.

Somente os materiais aprovados em inspeção, ou seja, detentores de etiqueta verde serão dispostos pelos inspetores na área de armazenamento do almoxarifado. Após verificar a presença de etiqueta que evidencia a aprovação dos itens e checar seu total preenchimento, o almoxarife deve proceder com a consulta dos endereços de armazenamento do tipo de item no qual ele está trabalhando, verificar espaço físico que possibilite seu armazenamento, transferir o saldo aprovado no sistema do almoxarifado dos itens em inspeção para o almoxarifado de destino conforme tipo de item e finalmente armazenar o material na localização identificada no sistema. Caso a localização atual não comporte armazenamento adicional, o almoxarife deve identificar outra posição e apontar tal alteração no sistema para garantir que o saldo de material seja alocado no sistema na mesma localização física,

quaisquer desvios nessa operação trarão graves consequências à acurácia do inventário e incorrerá em perdas por retrabalho.

A representação desse processo foi apresentada na Figura 4.11 e para realizar as atividades descritas tem-se o seguinte conjunto de funcionários:

Área	Número de Profissionais	Escopo
Portaria	2	Conferência da nota fiscal. Consulta à ordem de compra no sistema. Impressão do aviso de recebimento.
Recebimento (Almoxarifado)	1	Conferência física do material. Envio da nota fiscal ao Rec. Fiscal. Envio do material à inspeção de recebimento.
Inspeção de recebimento	3	Realização da inspeção. Aprovação/Rejeição do lote. Abertura de GRB.
Armazenamento (Almoxarifado)	2	Consulta ao local de armazenamento. Checagem da capacidade física. Transferência para almoxarifado de destino e armazenamento.
Total:	8	

**Quadro 4.4: Número de profissionais envolvidos com a realização das atividades de recebimento e armazenamento.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Após mapear o processo e identificar o número de profissionais relacionados com sua realização serão examinadas as causas geradoras de desperdício nas atividades de recebimento e armazenamento.

#### 4.3.3.1 Problemas encontrados

Para identificar os focos de desperdício existente no processo analisado será utilizado o diagrama de Ishikawa. As informações contidas no diagrama foram levantadas durante acompanhamento das atividades realizado pelo autor, que acompanhou o fluxo de atividades durante o período de duas semanas, posteriormente essas informações foram validadas com a liderança das áreas envolvidas (Almoxarifado e Qualidade) e com os profissionais das áreas.

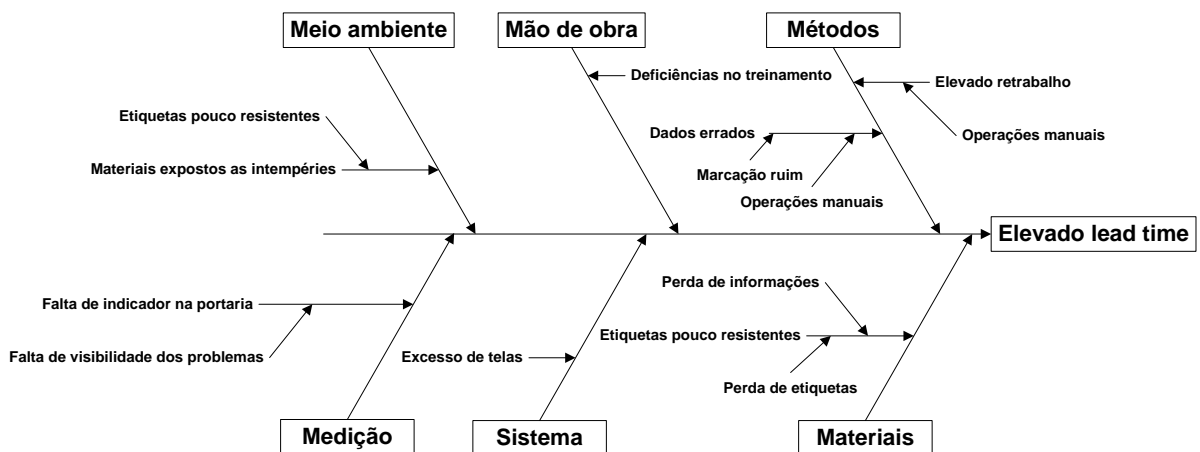


Figura 4.13: Diagrama de Ishikawa para os problemas apresentados na operação de recebimento e armazenamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.3.2 Diagnóstico dos problemas encontrados

A partir das informações coletadas durante o acompanhamento realizado pelo autor, pelo panorama fornecido pelo mapeamento de processo e pelo diagrama de causa e efeito levantado para a operação de recebimento e armazenamento foi possível determinar os principais problemas existentes:

- Elevado nível de retrabalho e operações manuais** – após a liberação da entrega pela portaria, mediante validação da nota fiscal e impressão do aviso de recebimento, existe o deslocamento de material da área de recebimento para a área de inspeção e, após aprovação do item, regresso do material ao almoxarifado para armazenamento. No retorno do material ao almoxarifado é realizada a conferência da etiqueta requerida para sinalizar liberação de estocagem, contudo são frequentes os casos de inteligibilidade das informações contidas na etiqueta e como todos os campos são de vital importância para garantir a rastreabilidade do item se faz necessário a requisição de uma nova etiqueta, gerando repetição de atividades;
- Materiais expostos a intempéries** – devido à existência de uma extensa gama de materiais com as mais diversas dimensões, são comuns os casos de armazenamento de materiais na área externa da fábrica. Esses materiais, que

também devem estar devidamente identificados, podem perder suas etiquetas de identificação devido à ação das intempéries (sol, vento, chuva, granizo, etc.);

- c. **Etiquetas pouco resistentes, perda de informações e de etiquetas** – devido à fragilidade existente nas etiquetas utilizadas ocorre processo de deterioração nesse mecanismo de identificação, tal como a ação das águas pluviais sobre as etiquetas plastificadas que leva a um clareamento do registro manual realizado e dificuldade de identificação das informações nela contida, podendo comprometer a rastreabilidade do item armazenado. Da mesma forma, a exposição a essas condições acarreta perdas das etiquetas de identificação que se constitui em uma não-conformidade e na impossibilidade de utilização desse item em processo devido ao comprometimento de sua rastreabilidade;
- d. **Marcação ruim** – durante as atividades de conferência física e inspeção de recebimento é necessária a identificação da marcação realizada nas peças para validar as informações contidas na nota fiscal de recebimento com aquelas gravadas em baixo-relevo nas peças. Algumas peças de grandes dimensões apresentam a marcação localizada em apenas uma área de difícil acesso devido à geometria da peça, principalmente itens cilíndricos, que acrescentam considerável dificuldade e podem acrescer erros nas informações coletadas das marcações;
- e. **Falta de indicadores de desempenho na portaria e falta de visibilidade dos problemas** – devido a grande quantidade de oportunidades de defeito existentes na verificação das notas fiscais na portaria, tais como desvio nos valores, na quantidade, na ordem de compra citada na nota, na data de vencimento da nota fiscal, falta de envio associado com emissão da nota fiscal eletrônica, dentre outros. O tratamento dado a partir da identificação de um possível problema na nota fiscal segue um processo *ad hoc* no qual o comprador é contatado para providenciar as devidas correções, contudo não existem métricas que possibilitem a identificação das principais causas que impactam o recebimento e nenhum tipo de acompanhamento para visualização da frequência de verificação dos problemas na portaria;

- f. **Deficiência no treinamento** – o processo de recebimento e armazenamento se constitui como um processo no qual a totalidade dos itens que adentram na empresa devem seguir e, apesar do segmento de atuação da empresa ser a produção de equipamentos para plataformas de petróleo (com pequena proporção de equipamentos para poços em terra), existem alguns componentes eletrônicos que não podem ficar expostos em áreas descobertas ou a proteção para áreas de vedação e outras seções que devem ser guarnecidas contra impactos. Outro aspecto importante diz respeito a inteligibilidade das informações contidas nas etiquetas, visto que essa identificação reúne os elementos de garantia da rastreabilidade do material e impactarão diretamente os demais processos nos quais o material será utilizado após seu armazenamento na empresa e alguns dos problemas verificados reflete a falta de visão sistêmica dos profissionais, evidenciando a necessidade de melhor capacitação de mão-de-obra;
- g. **Excesso de telas** – devido à configuração de módulos existente no sistema, os almoxarifes tem que consultar o saldo do item existente e realizar a transferência para o local de destino. A falta de linearidade de processo dentro do ERP leva os operadores a navegar em diferentes telas de diferentes menus, diminuindo a velocidade de realização devido ao tempo dispendido para navegação entre as telas;

#### *4.3.4 Faturamento de produtos*

Quando ocorre liberação do equipamento pela montagem e término de sua análise de documentação sem identificação de qualquer pendência nos registros de processo do item, é necessário encerrar a ordem de produção de montagem, que dará origem ao saldo do equipamento no estoque de produtos acabados existente no ERP da empresa. Essa transação possibilita iniciar as tratativas fiscais de emissão de nota fiscal e preparação para expedição, uma vez que enquanto o item não for encerrado, o sistema não consegue visualizar sua existência e não possibilita liberação para seu faturamento por entender que não há produto para entrega ao cliente.



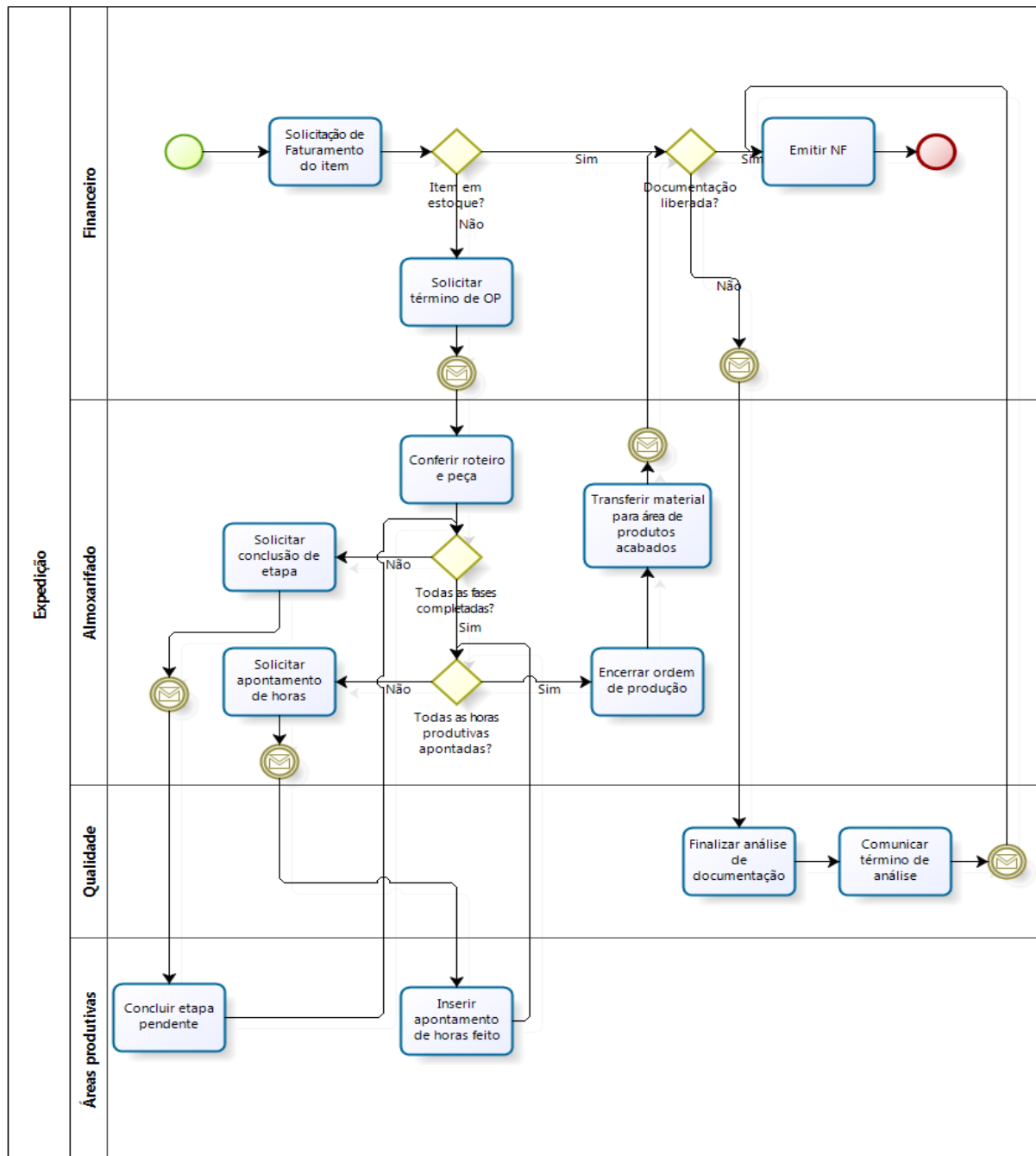
## Características gerais do processo de Faturamento de produtos

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Contratos (liberação do item para envio ao cliente)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez no faturamento do item
	Acurácia na verificação de documentação

**Quadro 4.5: Resumo dos principais aspectos do processo de Faturamento de produtos.****Fonte: Elaborado pelo autor.**

Dando continuidade ao estudo das causas geradoras de desperdício determinados a partir da apreciação do VSM realizado na empresa, Figura 4.5, o próximo processo definido a partir do diagrama de Pareto construído com base no mapeamento se refere ao processo de expedição de materiais para faturamento.

A tratativa de venda de material constitui importância fundamental ao constituir a última oportunidade de validar as condições apresentadas pelo equipamento que será enviado ao cliente e qualquer equívoco cometido após o envio acarretará em retorno do material para correção na planta estudada, com custos de transporte e encargos contratuais por atrasos na entrega sob sua responsabilidade.



**Figura 4.14: Mapeamento de processo para faturamento de equipamento.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O início da solicitação de faturamento do material é realizado através de requisição pelos gerentes de contratos que, com base nos marcos estabelecidos em contrato, encaminha ao departamento Financeiro uma solicitação de emissão de nota fiscal de venda para os itens que deverão ser faturados dentro de um horizonte de tempo estabelecido, comumente uma semana. Contudo, a emissão de nota fiscal somente é possível caso o produto já esteja com todas as tratativas internas concluídas, tais tratativas gerarão saldo do produto acabado no

sistema, possibilitando sua alocação dentro da ordem de venda associado ao contrato estabelecido.

O elevado conjunto de customizações existentes nos produtos inviabiliza a produção de quantidades de produtos acabados, sendo assim não é possível constituir estoque de itens acabados para atender eventuais picos de pedidos para a grande maioria dos equipamentos produzidos. Apenas alguns itens de desgaste, como buchas e conjuntos de desgaste poderiam ser produzidos para estoque, no entanto essa prática é pouco usual na empresa devido ao alto custo de material e mão-de-obra e configuração de atuação da empresa no mercado, atuando como uma *job shop* (HILL, 1993).

Caso o item solicitado já tenha todas as etapas descritas em roteiro devidamente preenchidas e assinadas pelos respectivos responsáveis é realizada a conferência física do material para garantir que não ocorra fechamento indevido para equipamentos não finalizados. Da mesma forma, quando a consulta realizada para emissão de nota fiscal não encontra saldo do item requisitado é realizado contato por e-mail ao almoxarifado solicitando o fechamento da ordem de produção de montagem que gerará o saldo para esse item, com base nessa requisição é requisitado à área de montagem o roteiro de produção da peça. Compete ao almoxarife examinar as informações contidas no roteiro de produção, para sua conclusão é necessário que ocorra o apontamento do montante de horas trabalhadas durante a execução de cada etapa do produto no sistema de apontamento de horas, constituindo assim um requisito ao ERP para permitir apropriação do custo incorrido nas atividades da fábrica. De forma complementar a necessidade de indicar o número de horas utilizado para realização de uma atividade, é mandatória a assinatura do responsável pela execução de cada etapa do processo, caso o almoxarife identifique falta de algum registro no roteiro, ou seja, informado pelo sistema da falta de apontamento de horas associada a alguma etapa deve entrar em contato com a área responsável pela pendência e requisitar sua regularização.

O último requisito necessário para término da ordem de produção se refere a liberação pela inspeção de montagem, com emissão de Certificado de Conformidade (Coc) para o equipamento, na eventualidade do equipamento ainda não ter sido inspecionado e validado pela Qualidade é necessário aguardar o término dessa etapa para realizar o encerramento da ordem. No instante de fechamento da ordem de produção é gerado saldo do equipamento produzido, sendo necessária sua movimentação para a área de produtos acabados, na qual ficará armazenado até seu carregamento e envio para o cliente. Com a ordem de produção

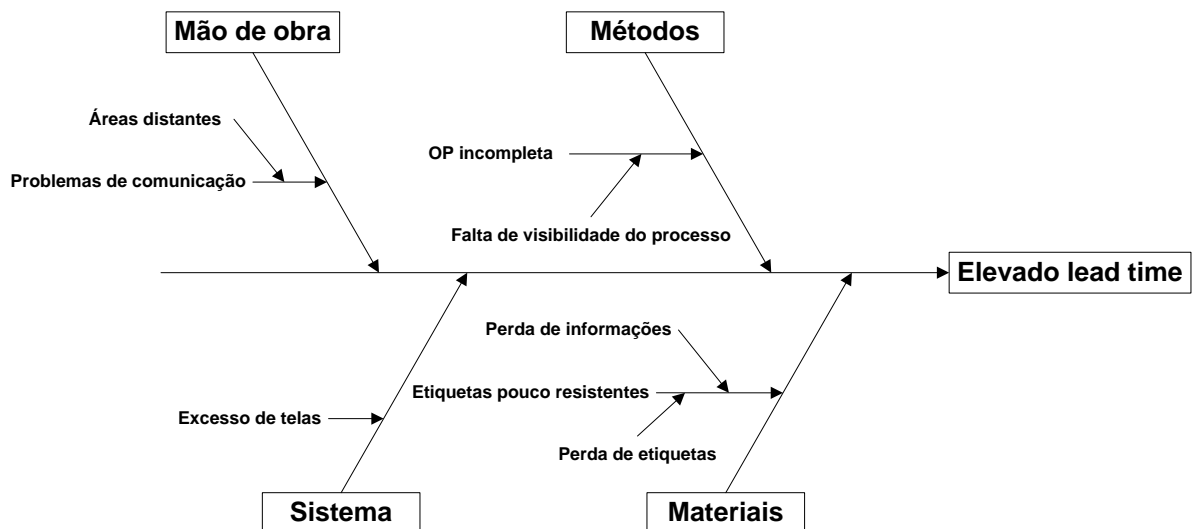
finalizada é possível concluir o processo de emissão de nota fiscal de venda e completar o processo de faturamento. O conjunto de funcionários envolvidos na realização das atividades desenhadas na Figura 4.14 é descrito a seguir:

Área	Número de Profissionais	Escopo
<b>Financeiro</b>	1	Emissão de nota fiscal.
<b>Almoxarifado</b>	3	Levantamento das pendências na ordem de produção. Comunicação às áreas de pendência.
<b>Inspeção de montagem</b>	2	Inspeção final de montagem. Término de preenchimento de roteiro.
<b>Áreas de manufatura</b>	-	Apontamento das áreas produtivas. Registro das fases realizadas.
<b>Total:</b>	6	

**Quadro 4.6: Relação de profissionais envolvidos no processo de faturamento.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.4.1 Problemas encontrados

Baseado nas informações desenvolvidas anteriormente e das observações verificadas durante acompanhamento do processo realizado foi possível definir as causas de perda de eficiência verificadas no processo de faturamento.



**Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para processo de faturamento.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

As informações contidas na Figura 4.15 foram validadas com os líderes das áreas e com os profissionais ouvidos durante o levantamento dos dados do processo.

#### 4.3.4.2 Diagnóstico dos problemas

Os problemas identificados no processo de faturamento de itens são definidos a seguir:

- a. **Problemas de comunicação entre áreas distintas** – os contratos de fornecimento de equipamentos são constituídos de diversos produtos, que deverão ser entregues nas datas contratuais. A produção desses itens apresenta diferente complexidade e são finalizados em diferentes momentos conforme programação definida no programa mestre de produção definido pelo Planejamento, todavia o departamento Financeiro apenas recebe a relação de itens que deve ser expedidos, sem qualquer atualização prévia daqueles passíveis de serem faturados imediatamente (já com documentação liberada e ordem de produção encerrada). Devido a essa configuração, muitas vezes são levantadas pendências que demandam remanejamento de recursos para análise de pendências e envolvimento das áreas responsáveis. Porém, enquanto as atividades de faturamento estão paralisadas aguardando o término da ordem de produção dos itens solicitados se verifica o acúmulo de outros itens já finalizados que não tem suas notas fiscais emitidas por falta de viabilidade dos responsáveis por essa emissão;
- b. **Excesso de telas** – para definir as pendências que impedem o encerramento da ordem de produção, mandatória para geração do saldo necessário para faturamento, os profissionais são obrigados a consultar diferentes sessões para conseguir completar a ordem, o que representa uma fonte de desperdício no processo;
- c. **Etiquetas pouco resistente, com perda de etiquetas e de informação** – as máscaras de identificação colocadas nos equipamentos acabados apresentam possibilidade de dano e mesmo extravio durante o período que o item fica armazenado externamente antes de seu envio para o cliente. Uma possível perda

implicaria na repetição de atividades e poderia comprometer o cronograma de entrega;

- d. **OP incompleta e falta de visibilidade do processo** – as ordens de produção que precisam ser terminadas para geração de saldo e liberação para emissão de nota fiscal de venda apresentam muitas vezes pendências originadas em etapas anteriores, tais como a falta de baixa de todas as matérias-primas e componentes que darão origem ao produto acabado, falta de apontamento de horas produtivas ou outras pendências que tem sua resolução postergada e compromete a finalização da ordem de produção. Essas atividades são de responsabilidade da Logística e os profissionais da área financeira, responsável pela emissão das notas fiscais não tem visibilidade dos empecilhos existentes;

#### 4.3.5 Separação e baixa de materiais

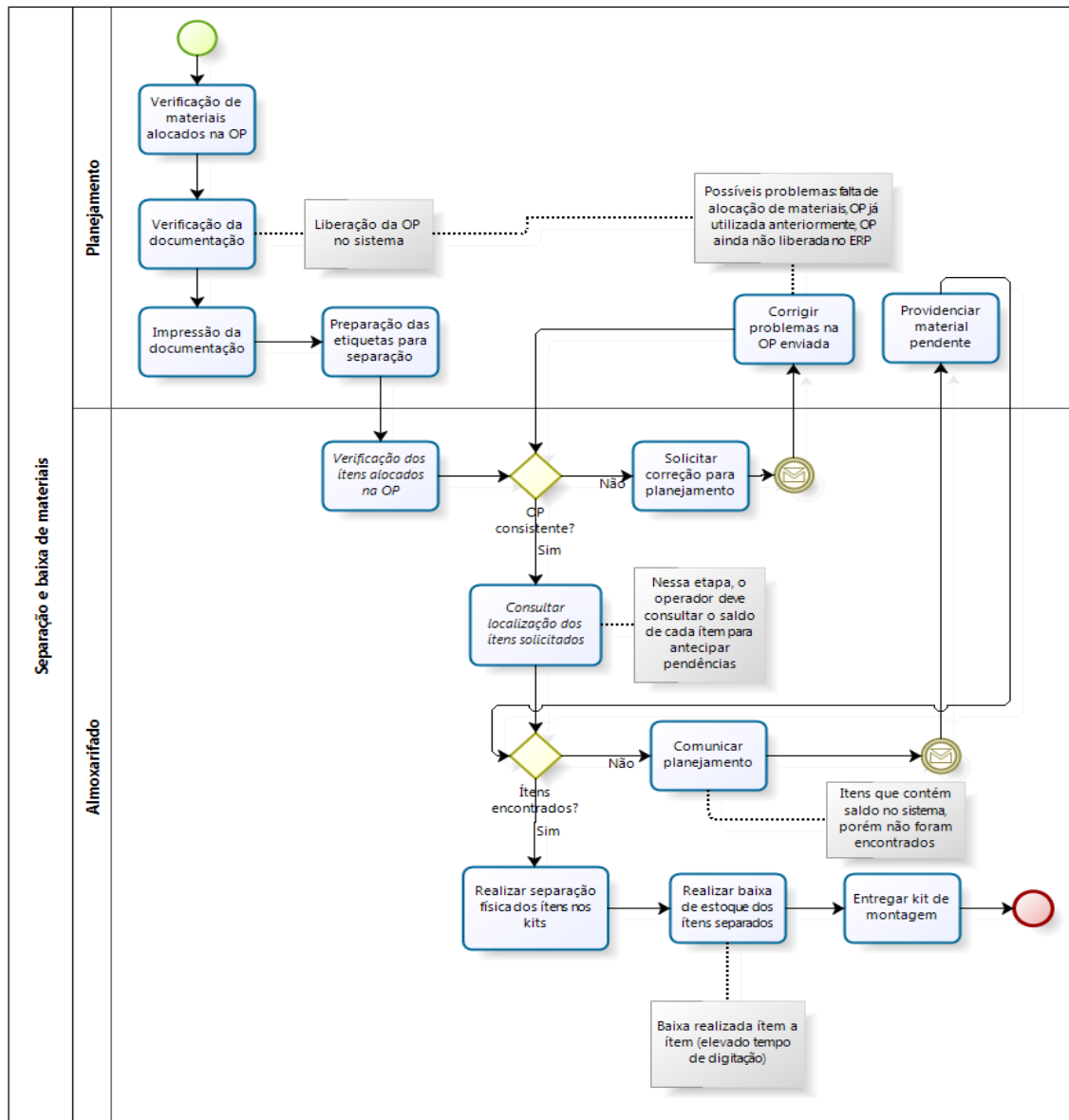
Esse processo consiste na preparação dos materiais que serão enviados para as áreas de manufatura, separação das matérias-primas para itens semiacabados, e formação dos kits de montagem, separação dos itens semiacabados de acordo com a BOM do conjunto a ser montado. Dividido em duas atividades, a separação compreende a coleta e preparação do conjunto a ser enviado fisicamente, a baixa refere-se a diminuição do saldo de cada item no sistema e sua alocação em uma ordem de produção quer seja ordem de montagem ou ordem de manufatura de um item.

##### Características gerais do processo de Separação e baixa de materiais

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Planejamento (separação das OP's requisitadas) Montagem (envio dos kits para montagem) Manufatura (envio das matérias-primas para produção)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez na separação dos itens Acurácia na verificação de documentação

**Quadro 4.7: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais.**

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 4.16: Mapeamento do processo de separação e baixa de materiais.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O processo de separação e alocação de materiais (baixa) na ordem de produção é iniciado a partir de requisição dos materiais presentes na BOM de uma dada ordem de produção comunicada ao almoxarifado. Munido com o número da ordem, o almoxarife processa a rotina de conferência da documentação, verificação se a ordem enviada está efetivamente liberada para separação, e prepara as listas de separação que contém a relação de itens requisitados para montagem ordenados por cada localização do estoque, na eventualidade de qualquer alteração na requisição de materiais que inviabilize o processo de separação o planejamento será comunicado para providenciar as devidas correções e reenvio da ordem ao almoxarifado.

Durante a atividade de separação são identificados os itens encontrados, bem como realizada a marcação do número de série de cada elemento separado e são reportados os itens que constam no sistema e não foram encontrados nas devidas localizações. A sistemática de registro do número de série dos elementos aumenta a velocidade de preparação da Folha de Locação de Montagem – FLM, individualizando quais elementos de cada tipo de item foram separados para composição de um conjunto.

Terminada a etapa de busca e separação dos itens requisitados, o almoxarife deve realizar a baixa do saldo separado para garantir que a quantidade de itens indicados no sistema esteja atualizada com os valores encontrados no estoque e segregar os itens em uma área de kits incompletos aguardando a chegada dos itens pendentes na requisição de material para a referida ordem de produção. Quando as peças pendentes são armazenadas, quer seja através do fechamento de uma ordem de produção de item semiacabado ou pela compra de um componente já pronto, o kit completo é enviado à área de montagem.

O conjunto de funcionários envolvidos com a realização desse processo é descrito a seguir:

Área	Número de Profissionais	Escopo
Almoxarifado	6	Análise das ordens de produção enviadas. Separação e baixa dos itens requisitados. Preparação e envio dos kits de montagem.
Planejamento	1	Corrigir inconsistências nas ordens de produção. Providenciar materiais pendentes.
Total:	7	

**Quadro 4.8: Relação de funcionários envolvidos com as atividades de separação e baixa de materiais.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.5.1 Problemas identificados

Para o escopo de atividade proposto na Figura 4.16 foram identificados os seguintes problemas durante sua análise e após realização de brainstorming com funcionários do almoxarifado e da área de *Lean Six Sigma*:



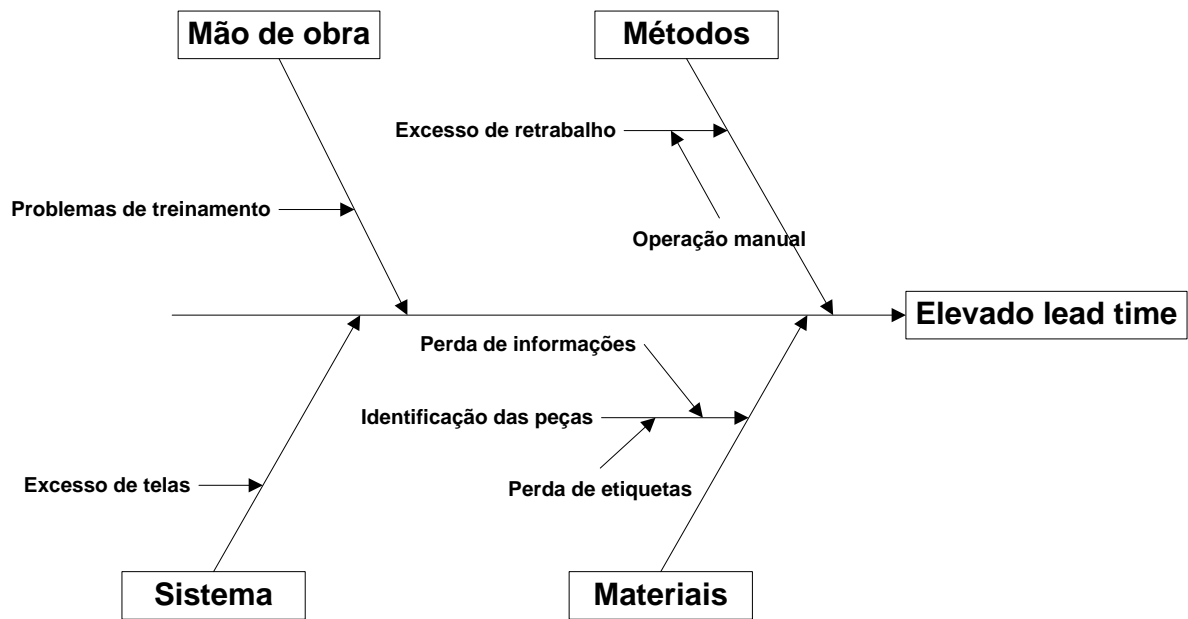


Figura 4.17: Diagrama de Ishikawa para processo de separação e baixa de materiais.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.5.2 Diagnóstico dos problemas

A partir da definição dos problemas existentes no processo de separação e baixa de materiais é realizado o desdobramento dessas deficiências para permitir mais subsídios para sua análise e posterior desenvolvimento para solução:

- a. **Identificação das peças, com perda de etiquetas e informações** – a eficiência do processo de separação esta diretamente associada à capacidade de identificação do material requisitado e a inteligibilidade das informações contidas nas etiquetas de identificação dos materiais. Caso ocorra erros de grafia que impossibilitem identificação correta do código do item pode ser levantado uma pendência indevida ou aumento do tempo de processo devido à repetição de atividades;
- b. **Problemas de treinamento** – a existência de atividades que dependem das informações inseridas no sistema em fases anteriores e o grau de criticidade associada a esses dados demandam dos operadores a compreensão de seu

posicionamento na cadeia e ressaltar a necessidade de confiabilidade dos dados agregados aos componentes durante o desenvolvimento produtivo;

- c. **Excesso de telas** – para realizar as consultas de acesso aos materiais requisitados a uma dada ordem de produção, verificar a localização de cada item e confirmar a alocação do material na ordem de produção com a diminuição nos níveis de estoque é necessário navegar por várias telas, diminuindo a velocidade de execução da atividade;
- d. **Excesso de retrabalho e operações manuais** – devido à dificuldade de identificação e necessidade de registro dos itens que estão sendo separados, a velocidade de separação dos itens é bastante comprometida devido as seguidas conferências dos mesmos itens realizados por diferentes profissionais e a dificuldade de compreensão inserido pela baixa qualidade do sistema de identificação das peças;

#### 4.3.6 Fechamento de Ordem de Produção (item semiacabados)

Após percorrerem todas as etapas de seu roteiro de fabricação, os itens semiacabados são dispostos na área de entrada do almoxarifado para encerramento de sua ordem de produção associada e armazenamento até envio para montagem. Para tanto, são necessárias algumas validações discutidas abaixo antes da liberação de fechamento da ordem de produção.

##### Características gerais do processo de Fechamento de Ordem de Produção

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Contratos (disposição do item para faturamento)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez no fechamento do item
	Acurácia na verificação de roteiro de produção
	Garantir produção conforme procedimento

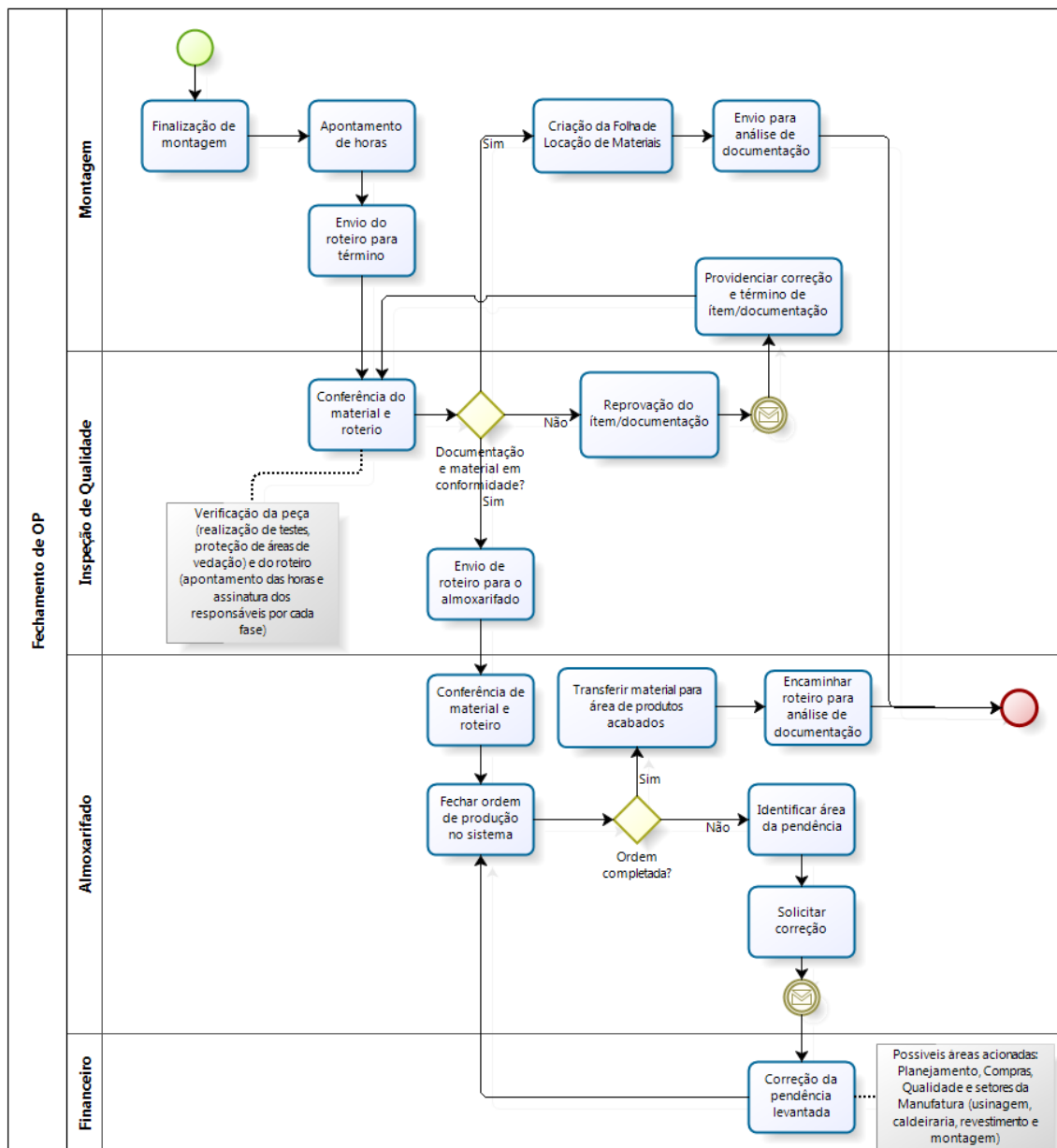
#### Quadro 4.9: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a trajetória de produção do equipamento, partindo da matéria prima ao produto acabado, o material é alocado em diferentes ordens de produção que correspondem a diferentes etapas do processo:

- Ordem de produção de usinagem da matéria-prima e caldeiraria;
- Ordem de produção de soldagem, com realização de tratamento térmico, e revestimento;
- Ordem de produção de montagem;

As ordens de montagem são regidas pelo procedimento de fechamento explicitado no item 4.3.4, sendo a última alocação do material já semiacabado em um kit de montagem que, após sua finalização, será enviado para o cliente. Com tratativa um pouco mais simples, as ordens intermediárias não contam com avaliação da qualidade que gera registro adicional ao processo, diferentemente dos itens montados que necessitam de expedição de Certificado de Conformidade para sua liberação.



**Figura 4.18: Mapeamento de processo de fechamento de ordem de produção de item semiacabado.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O processo de fechamento das ordens de produção de materiais semiacabados – que são armazenados e posteriormente utilizados em um conjunto de montagem se inicia com a colocação do item na área de entrada de materiais no almoxarifado. É de responsabilidade do funcionário verificar se a peça está acompanhada de seu roteiro de processo e se este se encontra com todas as fases preenchidas e assinadas, caso falte algum registro deve ser comunicado a área responsável para providenciar o devido preenchimento do campo.

A conferência do roteiro é seguida pela realização de consultas as telas do ERP que tratam de possíveis pendências que podem impedir o término da ordem de produção analisada, tais como:

- Problemas de alocação de materiais;
- Falta de apontamento de horas produtivas em todas as etapas;
- Problema de status da OP;

Os problemas de alocação de materiais são originados no almoxarifado e se referem a materiais que não foram destinados à ordem de produção no momento de seu envio para as áreas produtivas, caso tal etapa não tenha sido realizada o sistema não permite o encerramento da ordem por entender que ainda existe matéria prima que deve ser separada para sua execução, essas discordâncias comprometem a acurácia do inventário e devem ser corrigidas imediatamente após sua identificação.

Os problemas relacionados com falta de apontamento de horas nas etapas existentes na ordem de produção já foram abordados no item 4.3.4, devendo comunicar a área na qual a pendência foi identificada solicitando sua correção.

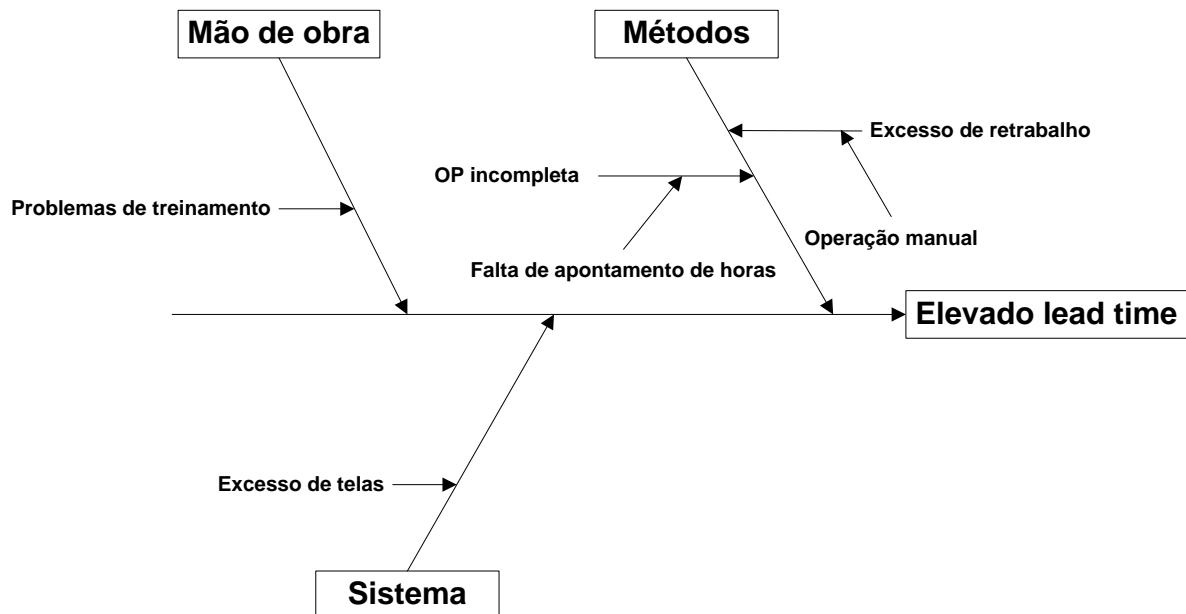
Os problemas de status se referem a situações nas quais ocorrem erros de impressão, troca de numeração ou qualquer outro fato que leve a utilização de uma ordem com status diferente de “Liberada” no ERP. Durante a coleta de dados para esse trabalho foram verificadas ordens de produção utilizadas com status “Planejada”, “Terminada” ou “Encerrada”, para solucionar esses casos é necessário apreciação em conjunto com a área de Planejamento e de Informática da empresa.

Após finalização da ordem de produção, o almoxarife deve consultar o saldo do item já existente no estoque e verificar a possibilidade de armazenamento do novo item junto aos demais, caso não haja capacidade de armazenamento no local o almoxarife deve identificar outra posição de estoque e realizar a transferência física do material e alocação no sistema ao endereço selecionado.

Para realização da atividade de fechamento de ordem de produção para itens semiacabados é alocado um funcionário do almoxarifado integralmente dedicado a essa atividade.

#### 4.3.6.1 Problemas identificados

As deficiências identificadas durante a análise do processo de fechamento das ordens de produção foram reunidas no diagrama de causa e efeito desenvolvido:



**Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa para fechamento de ordem de produção para produtos semiacabados.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.6.2 Diagnóstico dos problemas

As causas levantadas na Figura 4.19, identificadas durante acompanhamento do processo e validada com a liderança da área, foram mais aprofundadas a seguir:

- Excesso de telas** – para realizar as consultas necessárias para validar as checagens de consistência de cada etapa é necessário acessar diferentes telas no sistema ERP da empresa, aumentando o tempo de realização dessas rotinas de verificação;
- Excesso de retrabalho e operações manuais** – devido a necessidade de identificação do item que será inserido, o almoxarife deve preparar máscara informativa contendo informações como código do item, número de série e

localização na qual o item foi armazenado. Essas informações são transcritas manualmente pelos operadores, apresentando algumas vezes reduzida inteligibilidade;

- c. **Problemas de treinamento** – se percebe a necessidade de disseminar a visão holística de processo aos operadores envolvidos nas atividades produtivas para diminuir os registros de ordem de produção sem realização de apontamento de hora ou com falta de assinatura em alguma das fases produtivas;
- d. **OP incompleta e falta de visibilidade do processo** – as ordens de produção que precisam ser terminadas apresentam muitas vezes pendências originadas em etapas anteriores, tais como falta de baixa de todas as matérias-primas e componentes que darão origem ao produto acabado, falta de apontamento de horas produtivas ou outras pendências que tem sua resolução postergada e compromete a finalização da ordem de produção;

#### *4.3.7 Consolidação das causas identificadas*

Finalizando o mapeamento e análise dos processos segundo ordem definida pelo VSM, os problemas que afetam o processo de agregação de valor na empresa foram diagnosticados e são sintetizados no quadro a seguir, servindo de subsídio para justificar as melhorias aplicadas no processo para sua correção.

Os processos foram apresentados segundo a descrição proposta por Rotondaro (2005) e com os mapas de processo segundo abordagem proposta por Valle e Oliveira (2009). As principais causas de desperdício obtidas durante a análise do processo estão descritas a seguir:

1. Excesso de operações manuais;
2. Acúmulo de atividade para análise de documentação e falta de verificação intermediária;
3. Falhas no treinamento dos profissionais;
4. Falta de visibilidade dos dados;

5. Baixa resistência das etiquetas às condições de armazenamento;
6. Dificuldade de leitura dos dados marcados nas peças;
7. Inexistência de indicadores na portaria;
8. Deficiência na comunicação entre áreas;
9. Ausência de abordagem por processo no ERP (excesso de telas);



## 5 PLANO DE AÇÃO

O trabalho realizado iniciou-se com apresentação do Mapeamento de Fluxo de Valor para apresentar a sequência de atividades realizadas na empresa. A partir desse panorama foram elaborados os mapeamentos de processos e a discussão das deficiências existentes em cada processo através dos diagramas de Ishikawa elaborados, obtendo o conjunto de causas que necessitam de correção para melhoria do processo, discutido no item 4.3.7, identificando nove fontes de desperdício existentes no processo.

Esse conjunto de dados e as análises subsequentes propiciam embasamento para proposição de iniciativas para sua eliminação e melhoria do processo produtivo. Contudo, é necessário garantir que tais ações estejam alinhadas com os objetivos operacionais definidos pelos gestores de cada área e possam ser definidas quais áreas tem por atribuição o desenvolvimento de soluções para um ou mais das causas contidas no Quadro 4.7, para tanto será utilizado a metodologia *GAP 4*.

### 5.1 APLICANDO O *GAP 4* PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS

O modelo do *GAP 4* consiste em uma lógica para desdobrar as deficiências observadas em uma unidade de análise, particularmente útil para análise em áreas internas de organizações devido à sua metodologia de identificação dos clientes e fornecedores internos, quais as expectativas desses clientes internos e através de seu desdobramento em indicadores de desempenho, acompanha seus valores atuais e propõe ações para eliminar o *gap* (diferença) existente entre a meta estabelecida e o patamar corrente.

A adequação desse método ao contexto do trabalho é condizente, pois um sistema de gerenciamento de desempenho baseado no acompanhamento de indicadores permite identificar as restrições existentes nos processos atuais, mensurar a diferença existente entre os valores mensurados e aqueles considerados como adequados ao desempenho desejável da

organização e avaliar a adequação dos planos de ação propostos para melhoria do processo (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007).

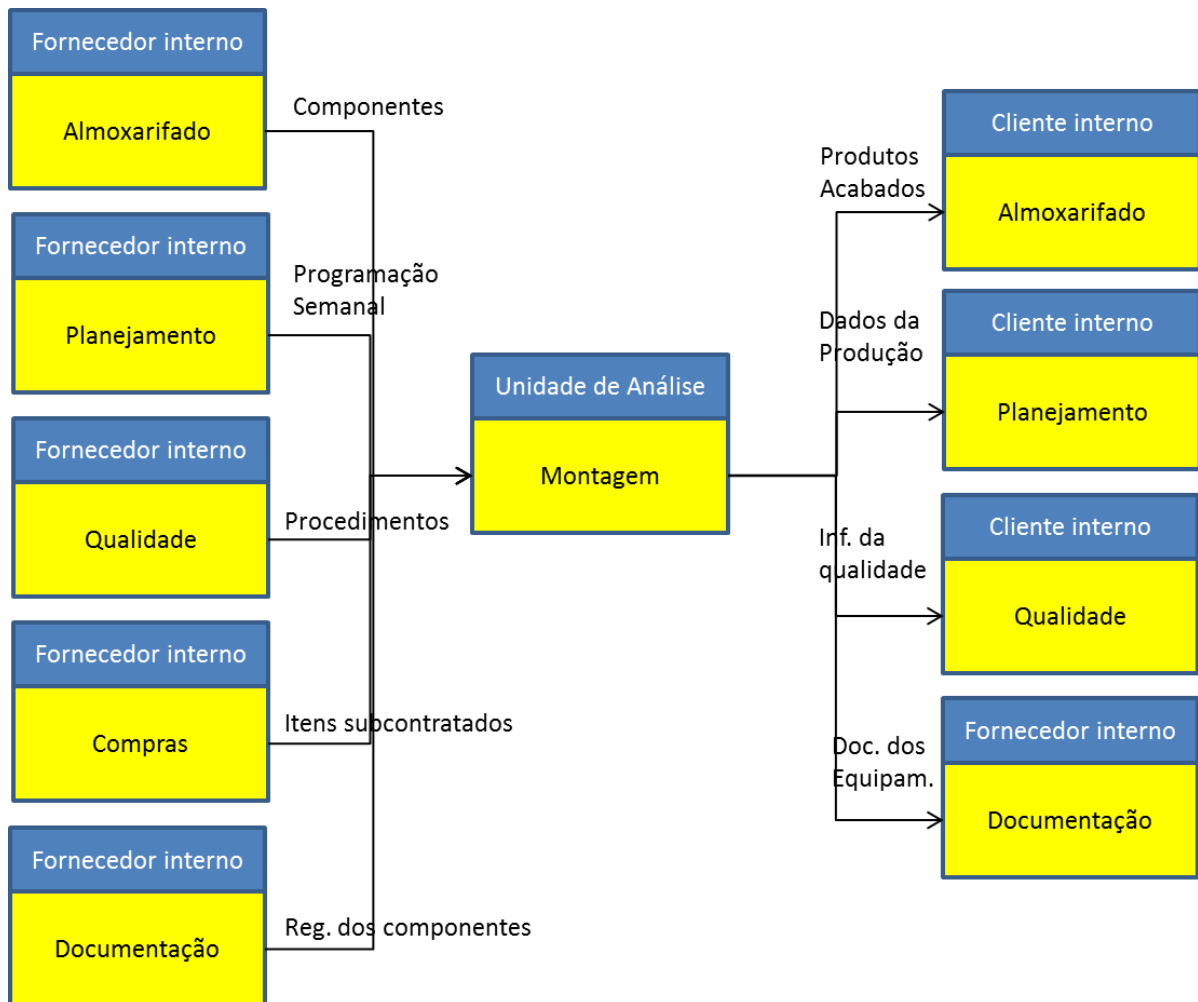
Os dados obtidos a partir do VSM realizado (Figura 4.5), do mapeamento dos processos críticos apresentados posteriormente e dos diagramas de causa e efeito oriundos dessa análise foram desdobradas ações de melhoria conforme a metodologia denominada *GAP 4*. Essa abordagem, focada no desempenho das áreas operacionais, permite atingir os objetivos operacionais estabelecidos na organização, entrega dos itens dentro da data contratual no presente estudo, sendo de melhor aplicabilidade que outras ferramentas disponíveis, como o *Balanced Scorecard (BSC)*, que forneceriam uma visão do cenário sem o nível de detalhamento necessário para melhorar as atividades operacionais.

Para o presente estudo será utilizado tal sistemática de aplicação pela abordagem das expectativas dos clientes internos, uma das duas abordagens existentes. O passo inicial para tal aplicação consiste na definição de uma área base para analisar os demais setores, atendendo aos seguintes requisitos (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007):

1. A área analisada deve utilizar materiais, serviços ou informações de fornecedores internos;
  - a. Os clientes internos da área escolhidas devem ter expectativas de incremento do desempenho da área analisada;
  - b. Os materiais, serviços ou informações gerados pela área analisada devem ser utilizados por clientes internos;
  - c. A área analisada deve ter sob sua responsabilidade a execução de planos de ação;
  - d. Outras iniciativas de melhoria não poderão ser tomadas pela área, sendo sua execução responsabilidade de outro fornecedor interno;

A área escolhida para análise com base nos critérios propostos por Francischini e Francischini (2007) será a área de montagem. Sua escolha se justifica pela concentração da totalidade dos itens expedidos pela planta, tanto aqueles produzidos internamente quanto aqueles adquiridos praticamente acabados são enviados para área para procedimentos de acabamento final e liberação.

Passado a escolha da unidade de análise é necessário analisar sua atuação e identificar quais são os fornecedores internos com suas entradas para a unidade de análise e a descrição de seus clientes internos, com as respectivas saídas para cada cliente, conforme observado na Figura 5.1:



**Figura 5.1: Definição da área analisada, bem como seus fornecedores e clientes internos.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Essa forma de apresentação da unidade de análise é particularmente benéfica, pois permite entender o fluxo de entrada de materiais e informações para a unidade analisada e da unidade analisada para os clientes internos, bem como as diferentes saídas associadas a cada cliente. A área de montagem constitui a única fase de processo no qual o fluxo advindo de todas as demais áreas e processos, quer sejam eles internos ou externos (subcontratações e itens adquiridos prontos) se unem em um único ponto. Tendo por fornecedores internos todas as áreas funcionais (áreas de manufatura representadas pelo almoxarifado), o planejamento, as áreas de qualidade e documentação. Somente o planejamento e a qualidade conseguiria tal

interação com todos os processos, contudo seriam analisados somente fluxo de informações e não componentes.

O conjunto de entradas da área de montagem, bem como os fornecedores associados a cada entrada e as saídas da área, assim como a área de destino é mostrado na Figura 5.1.

Devido à proximidade de tratamento das entradas e saídas de sua área, a divisão em montagem SPS e montagem SDS não se mostra relevante por apresentarem resultados muito análogos. A Figura 5.1 permite observar as fronteiras de análise delimitadas para aplicação da ferramenta com a definição das expectativas dos clientes internos:

Cliente interno	Expectativas	Indicador de desempenho	Valor atual	Meta	Gap
<b>Planejamento</b>	Cumprir datas contratuais	nº itens prazo / nº itens totais	32%	99%	67%
<b>Qualidade</b>	Reduzir não conformidades	nº não conformidades / peça	4,1	0,2	93%
<b>Almoxarifado</b>	Reduzir <i>lead time</i> de fechamento de ordem de produção	Intervalo entre finalização do item e transferência para expedição	80 h	2 h	98%
<b>Documentação</b>	Reduzir <i>lead time</i> de análise	nº de dias de análise	22 dias	3 dias	86%

**Matriz 5.1: Expectativas dos clientes internos, indicadores e estado atual.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Os valores dos indicadores mostrados na Matriz 5.1 foram obtidos através de indicadores coletados na empresa e validados pela equipe de desenvolvimento do projeto de automação do controle de inventário. Para calcular a diferença entre o valor atual e a meta (*gap*) foi usada a seguinte sistemática:

$$Gap \begin{cases} \text{indicador já expresso em \%} & \left| \frac{(Valor)_{atual}}{(Meta)} - 1 \right| \\ \text{indicador não expresso em \%} & \left| \frac{(Valor)_{atual} - (Meta)}{(Valor)_{atual}} \right| \times 100 \end{cases}$$

As metas de desempenho associados aos clientes e fornecedores internos, bem como à área analisada, foram levantadas com os gestores de cada área para sua atuação, apresentando os objetivos operacionais estabelecidos para cada área.

As expectativas dos clientes internos permite identificar o estado atual das métricas, para identificar as causas raízes dos indicadores basta revisar as deficiências levantadas durante a elaboração dos diagramas de Ishikawa dos processos críticos definidos durante a realização do VSM, definindo quais causas devem ser atacadas para atingir os valores que

faltam (*gap*) para atingir o valor da meta. Tais indicadores serão desdobrados e suas causas revisitadas para formalização na segunda matriz do método:

Indicador de desempenho atingido	Gap	Causas principais do gap	Setor responsável pela causa	Indicador de desempenho da causa do gap	Valor atual	Meta	Gap
nº itens prazo / nº itens totais	67%	Operações manuais	Interno	Lead time médio por equipamento	125	102	18%
nº não conformidades / peça	93%	Operações manuais	Interno	Problema ident. / peça	2,0	0,2	90%
nº não conformidades / peça	93%	Falta de treinamento	RH	% operadores treinados	60%	100%	40%
Lead time de finalização do item	98%	Operações manuais	Qualidade	Lead time de aprovação de inspeção	16 h	2 h	88%
nº de dias de análise	86%	Operações manuais	Interno	Lead time de preparação de documentação	5 h	0,1	98%
nº de dias de análise	86%	Área com excesso de trabalho	Qualidade	Nº médio documentos analisados / área	38 reg.	3 reg.	92%

**Matriz 5.2: Causas principais dos gaps.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os desdobramentos das causas raízes associadas aos *gaps* listados na Matriz 5.1 permite identificar quais elementos são originados na área analisada, originando planos de ação nos quais a atuação é direta devido a competência sob o processo identificado como causador desse desvio, e aqueles efeitos causadores sob responsabilidade de outras áreas, com as ações corretivas para sanar tais desvios a cargo de outras áreas da empresa. O conjunto de iniciativas sob incumbência da área se encontra detalhada na Matriz 5.3:

Indicadores de desempenho da causa do gap	Gap	Plano de Ação	Setor resp. plano de ação	Indicador de desempenho do plano de ação	Valor Atual	Meta	Gap
Lead time médio por equipamento	18%	Automação do controle de inventário	Interno	Nº de processos automatizados	0	5	100%
Problemas ident. / peça	90%	Implantação de célula de configuração	Interno	% de peças inspecionadas pela célula	0%	100%	100%
Lead time de preparação de documentação	98%	Automação do controle de inventário	Interno	Nº de processos automatizados	0	5	100%

**Matriz 5.3: Descrição dos planos de ação internos (controláveis pela área).**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma, as iniciativas que se encontram fora da atuação imediata da área analisada estão reunidas na Matriz 5.4:

Expectativa da Área Analisada	Fornecedor interno	Indicador de desempenho	Valor Atual	Meta	Gap
Treinar operadores nos procedimentos	RH	% de operadores treinados	60%	100%	40%
Inspecionar item rapidamente	Qualidade	Lead time de aprovação de inspeção	16 h	2 h	88%
Agilidade na inspeção de documentação	Qualidade	Nº médio documentos analisados / área	38 reg.	3 reg.	92%

**Matriz 5.4: Conjunto de expectativas para fornecedores internos (conjunto de ações não-controláveis pela área analisada).**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A divisão realizada entre as iniciativas a cargo da área de montagem, contidas na Matriz 5.3, e as demais iniciativas expressas anteriormente na Matriz 5.4 foram assim divididos segundo os critérios estabelecidos no método *do GAP 4*, todavia a aplicação das proposições contidas tanto na área de montagem quanto as expectativas a respeito da atuação dos fornecedores internos serão considerados devido as características generalistas do presente estudo, não ficando restrita apenas à área realizada.

## 5.2 AÇÕES OBTIDAS

O método *GAP 4* possibilitou o desdobramento dos problemas identificados durante a etapa de mapeamento dos processos e alinhar as deficiências identificadas com as iniciativas de melhoria resultante, garantindo assim que o Plano de Ação elaborado foi obtido considerando as origens de desvios identificadas nas análises anteriores à aplicação do *GAP 4* (VSM, mapeamento de processo e diagramas de Ishikawa).

Partindo destes resultados, o conjunto de iniciativas obtido e implantado para aprimoramento efetivo dos processos da organização é detalhado a seguir:

### Ação 1 - Automação do controle de inventário

- Eliminação de operações manuais.
- Revisão abordagem ERP.
- Melhoria das etiquetas de identificação dos itens.
- Inclusão do código de *commodity*.

### Ação 2 - Nova sistemática para Análise de Documentação

- Diminuição do tempo necessário para análise de documentação.
- Diminuição do tempo de resposta a partir da identificação de algum desvio de documentos.

### Ação 3 - Criação de célula de configuração

- Eliminar ocorrências de itens enviados para montagem com não-conformidades.
- Antecipar pendências e facilitar sua resolução.

**Figura 5.2: Relação de ações identificadas e principais causas corrigidas.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostrados a partir do estudo aprofundado de cada processo, suas causas raízes e mapas de atividades permitem observar que certas deficiências são comuns e podem ser resolvidas através da aplicação de uma mesma iniciativa de melhoria. Dessa forma, ao corrigir uma deficiência através de uma das ações listadas acima é possível incrementar o desempenho de mais de um dos processos mapeados, devido as implicações do desvio nesses diversos processos.

	Operações manuais	Atividade com alta carga	Excesso de telas e falta de visibilidade no ERP	Falhas no treinamento dos profissionais	Baixa resistência das etiquetas	Deficiências de comunicação	Dificuldade de leitura dos dados nas etiquetas
Análise de Documentação	X	X	X	X			X
Recebimento e Armazenamento	X		X	X	X		X
Faturamento				X		X	
Separação e Baixa de Materiais	X		X	X	X		X
Fechamento de OP para semiacabados	X		X	X			

**Quadro 5.1: Representação da presença das causas raízes nos diferentes processos analisados.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com as informações descritas na Quadro 5.1 se percebe que os problemas enfrentados pela empresa são refletidos em seus diversos processos e sua resolução traz implicações em todas as atividades afetadas e, por conseguinte, permite melhorar a geração de valor para os clientes através da eliminação dos desperdícios existentes.

Contudo, a atuação de uma mesma classe de desperdício em diferentes processos acarreta necessidade de maior atenção quanto às proposições de melhoria para que contemplem as especificidades de cada processo, eliminando de forma satisfatória a deficiência identificada.

Definidos as iniciativas que serão executadas, contidas na Quadro 5.1, será realizado o detalhamento de suas condições de implantação, abordando quais áreas serão envolvidas, processos alterados e proposição dos resultados esperados através da adoção das propostas descritas no presente trabalho.

Findando a aplicação do *GAP 4* tem-se os planos de ação para correção das causas identificadas a partir dos diagramas de Ishikawa elaborados para os processos mapeados com base na metodologia BPMN, definidos a partir da análise do VSM da empresa. A aplicação do *GAP 4* garantiu o alinhamento entre as causas identificadas para a organização, as expectativas dos clientes internos e seu alinhamento com os objetivos operacionais traçados pela direção da empresa, monitorados através dos indicadores de desempenho considerados.

Além dessas iniciativas foi diagnosticada a necessidade de realizar treinamentos de qualificação para os operadores com objetivo de disseminar o conhecimento existente nos profissionais com mais experiência nesse mercado com requisitos de desempenho e processamento dos produtos são muito elevados. Corroborando com essa necessidade existe a demanda criada pelos novos funcionários admitidos devido ao acréscimo do volume de produção decorrente das descobertas realizadas na camada pré-sal, que inaugurou um forte ciclo de crescimento nesse mercado, traduzido em novas contratações e necessidade de requalificação dos atuais colaboradores para os novos equipamentos que contém embarcado novas tecnologias e processos produtivos. Para tanto, o departamento de Recursos Humanos deverá prover os recursos necessários para realização dos treinamentos nas áreas da empresa.



### 5.3 AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE INVENTÁRIO

O mapeamento do processo de documentação explicado anteriormente (seção 4.3.2) permitiu entender a criticidade das informações contidas nas etiquetas de identificação e sua importância para garantir a rastreabilidade de todo componente utilizado durante a montagem de qualquer dos equipamentos produzidos. Da mesma forma, a análise do processo de separação e alocação de materiais em ordens de produção (seção 4.3.5) trouxe à tona as dificuldades dos funcionários quando necessitam da coleta dos dados transcritos nas etiquetas de armazenamento mostradas na Figura 4.12.

A proposição de uma nova abordagem para atribuição, armazenamento e coleta das informações necessárias para a execução dos trabalhos na empresa consiste em uma importante oportunidade de melhoria por possibilitar a eliminação de trabalhos manuais, diminuindo sensivelmente os desvios verificados nos processos relacionados e no tempo de execução de cada rotina dependente desses dados. Cetindamar et al (2010) cita como uma das abordagens estratégicas e práticas necessárias para empresa a identificação de oportunidades tecnológicas para evolução de seus processos, podendo gerar receitas e aumentar o lucro obtido na produção de seus bens.

Através dessa abordagem foi decidido pela renovação da forma como os dados associados a cada componente são tratados em todas as esferas organizacionais, buscando explorar tecnologias existentes para incrementar o desempenho operacional através da automação do sistema de controle de inventário.

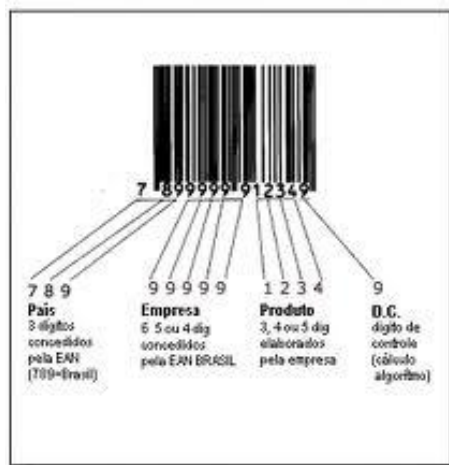
As dificuldades enfrentadas na planta na qual o trabalho foi desenvolvido apresentava similaridade com a situação existente nas outras unidades de D&PS da empresa no mundo e as iniciativas de automação foram reunidas em um projeto global contemplando as plantas e os centros de coordenação de cada região da empresa espalhado pelo globo. Como *focal point* de desenvolvimento do projeto para o projeto no Brasil, o autor teve a responsabilidade de garantir a aplicação das decisões oriundas dos grupos de discussão globais, responsáveis pelas negociações com os fornecedores e escolha de tecnologia de controle de inventário aplicada e prover as análises do conjunto de atividades da unidade fabril tratada nesse estudo para viabilizar sua realização.

Como dito no parágrafo anterior, a escolha pela tecnologia a ser utilizada para controle do inventário (código de barras, RFID, dentre outros) em todas as plantas foi tomada pelo grupo global de desenvolvimento do projeto, levando em consideração os seguintes fatores:

- Características da operação (volume, complexidade, etc.);
- Custos associados a cada modelo;
- Condições de fornecimento e pós-venda oferecidos pelos fornecedores;
- Capacidade de atendimento em todos os países nos quais a empresa mantém operação de D&PS;

A partir do conjunto de possibilidades definidos pelas escolhas realizadas pelo grupo de desenvolvimento global cada planta teve a liberdade de definir qual abordagem seria realizada para automação dos processos, quais etapas poderiam ser afetadas e a forma de integração entre o novo sistema e cada ERP existente em cada planta. Atualmente existe um sistema ERP específico para D&PS, porém tal sistema ainda não foi implantado em todas as unidades, o que leva a customizações para cada localidade e terminou por afetar o custo de implantação em cada país.

Dentre as tecnologias mencionadas, as iniciativas de controle por código de barra permitem integrar as codificações para reconhecimento das informações armazenadas por diversos elos da cadeia, podendo um mesmo código atribuído a um produto em seu lugar de origem ser utilizado em transações durante sua passagem pelos elos intermediários da cadeia, como por exemplo, atacadistas e distribuidores, podendo ser levado ao último elo de distribuição (varejistas, via de regra) sem necessitar de novos processos de identificação. Para tal aplicação foram desenvolvidas codificações que permitem identificar globalmente o país, empresa produtora e código do produto realizado, como o padrão EAN-13, composto por treze dígitos dispostos conforme explicitado na Figura 5.3.



**Figura 5.3: Exemplo de etiqueta seguindo padrão EAN-13.**

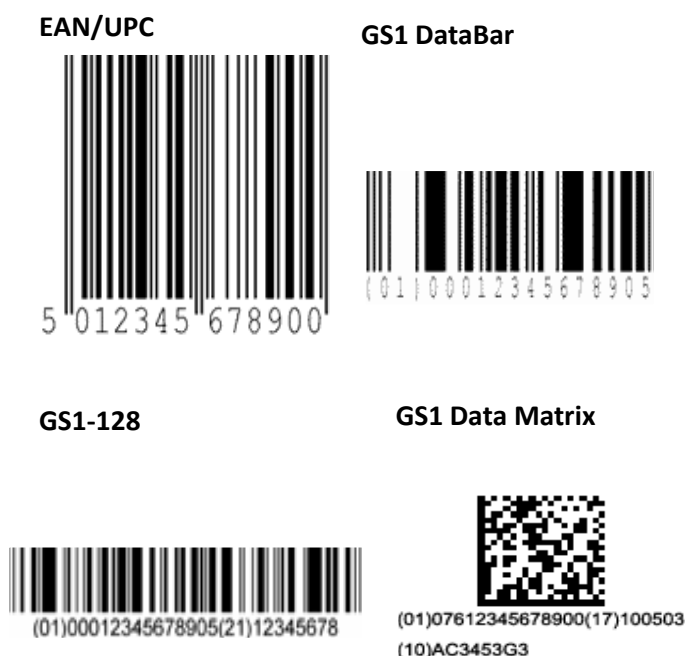
**Fonte:** <http://flashcard.inf.br/artigos/codigo-de-barras/codigo-de-barras-no-brasil/>. Acessado em 24/09/2011.

Todavia, o padrão EAN-13 não permite densidade de armazenamento necessária para armazenar todos os dados contidos na etiqueta em papel, se mostrando de aplicação restrita para sua utilização no caso estudado.

As principais famílias de código de barras existente são (BAR CODE TYPES, 2011):

- EAN/UPC – modelo de código de barra mais conhecido, possui forte presença nos ambientes de distribuição, varejistas e atacadistas em geral. Esse modelo foi desenhado para permitir simplicidade nos dados armazenados e agilidade na leitura para aplicações baseadas em grandes volumes. Contudo, limitada para aplicações que requeiram maior armazenamento de informações nas etiquetas, tais como data de fabricação, número do lote, etc.;
- GS1 DataBar – desenvolvido para poder armazenar maior nível de informações que o padrão EAN/UPC, esse modelo permite gravar campos como data de validade ou número do lote e ocupa uma área impressa menor que o modelo anterior, reduzindo espaço ocupado na embalagem dos produtos codificados;
- GS1-128 – anteriormente conhecido como UCC/EAN-128 ou EAN-128, esse modelo difere do anterior pelo seu desenvolvimento específico para utilização em cadeias logísticas que não envolvem o varejo, sendo seu desenvolvimento não orientado a aplicação em pontos de venda. São capazes de armazenar uma série de atributos, através dos Indicadores de Aplicação (*Application Identifiers*

- *AI*). Cada *AI* representa um campo e permite armazenar uma grande quantidade de dados;
- GS1 DataMatrix – alternativa válida para aplicação nas quais a quantidade de campos que deveriam estar contidos na etiqueta demandassem grandes etiquetas para comportar o conjunto de informações necessárias. Essa etiquetas de armazenagem bidirecionais permitem aumentar a taxa de armazenamento de dados pela área ocupada, reduzindo a demanda por espaço e o tamanho das etiquetas. Setores como o de eletrônicos e de medicamentos estão utilizando tais padrões para armazenar várias informações em áreas reduzidas;

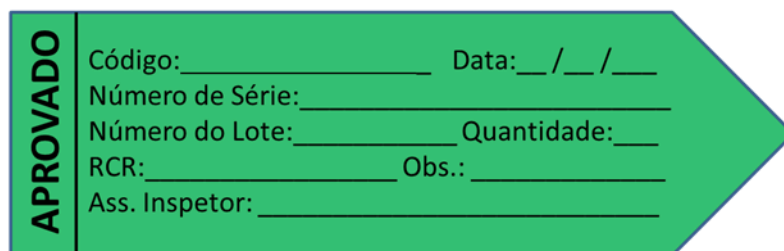


**Figura 5.4: Principais modelos de código de barras existentes.**

Fonte: <[www.gs1.org](http://www.gs1.org)>. Acessado em 24/09/2011.

Para determinar qual tipo de codificação melhor se adapta as necessidades da empresa é necessário primeiramente entender qual o volume de dados que identificam uma peça, sua quantidade de caracteres e, por fim, qual densidade de informação necessária para as etiquetas. Considerações sobre tamanho de etiqueta necessário e viabilidade operacional serão feitas após a escolha do modelo a ser adotado.

A discussão se iniciará pela retomada das informações contidas nas etiquetas em papel, modelo atual de armazenamento de dados<sup>2</sup>:



<b>APROVADO</b>	Código: _____	Data: __ / __ / __
	Número de Série: _____	
	Número do Lote: _____	Quantidade: _____
	RCR: _____	Obs.: _____
	Ass. Inspetor: _____	

**Figura 5.5: Visualização dos campos contidos nas etiquetas de identificação atuais.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

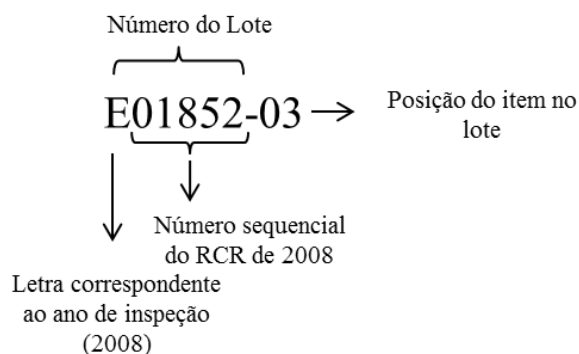
Como observado acima e através de reuniões de alinhamento com as áreas de Qualidade, Logística, Informática, Planejamento e Compras, foram definidos os seguintes campos (e seus respectivos número de dígitos) como mandatórios para identificação das peças e de presença desejável nas etiquetas:

- Código do item – 15 dígitos;
- Número do lote – 06 dígitos;
- Número de série do item – 11 dígitos;
- Número do Registro de Controle de Recebimento (RCR) – 5 dígitos;
- Data de realização da inspeção – 6 dígitos;
- Quantidade liberada no lote – 4 dígitos;
- Código de *commodity* do item – 6 dígitos;
- Revisão de engenharia do item – 2 dígitos;

Todavia, a automação da leitura e a sistemática de atribuição do número de série do item permite extrair diversas informações que podem tornar a presença de outros campos redundantes, como pode ser observado na análise de um exemplo:

---

<sup>2</sup> A descrição detalhada de cada campo pode ser revisitada na seção 4.3.3.



**Figura 5.6: Exemplo de número de série e significado de cada campo para material inspecionado em 2008.**  
**Fonte: Elaborado com base em procedimento interno de identificação de itens.**

**Tabela 5.1: Atribuição entre ano e código inicial para geração de número de série.**

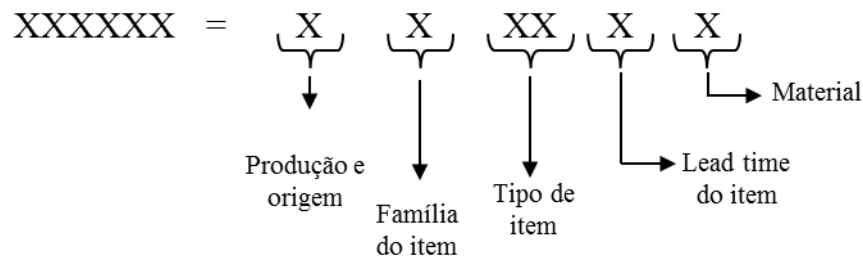
Cód.	Ano	Cód.	Ano	Cód.	Ano
A	2004	D	2007	G	2010
B	2005	E	2008	H	2011
C	2006	F	2009	I	2012

**Fonte: Elaborado com base em procedimento interno de identificação de itens.**

Partindo da lógica de atribuição de número de série explicitada na Figura 5.6 se percebe que a partir de tal código é possível identificar o número do lote, composto pelo dígito verificador do ano de inspeção e do número de inspeção associado com a aprovação desse item. A construção desse campo permite diminuir o conjunto de informações que devem ser gravados na etiqueta, através do entendimento da metodologia de geração do número de série, separação das informações após a leitura e reconhecimento de cada parcela componente do número de série. Da mesma forma, a data de inspeção (um dos campos da etiqueta em papel) está armazenada no ERP da empresa e não necessita de armazenamento na etiqueta, uma vez que durante o processo de checagem das informações contidas na etiqueta, o sistema dos leitores pode colher o código RCR correspondente a inspeção do item e obter a data de inspeção diretamente do banco de dados, através da interface com o ERP.

Dentre os itens identificados durante as reuniões de alinhamento das informações necessárias para as etiquetas somente o código de *commodity* foi adicionado, pois se trata de estratégica informação que anteriormente não foi adicionada às etiquetas pela necessidade de revisar um grande número de itens já armazenados. Devido à necessidade de revisar todos os itens armazenados na planta para mudança para o novo sistema de identificação foi criada oportunidade de acrescentar esse importante dado que permite detalhar a natureza de cada componente.

O código de *commodity*<sup>3</sup> consiste em uma codificação de seis campos alfanuméricos atribuídos a cada tipo de peça, composto pelas seguintes características:



**Figura 5.7: Representação de cada dígito componente do código de *commodity*.**  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A criação desse campo e sua inclusão no projeto de automação no controle de inventário foi fruto da sinergia entre duas iniciativas de melhoria nas quais o autor teve participação e representaram oportunidade de potencializar os ganhos decorrentes das duas iniciativas. Os benefícios originados da adoção do código de *commodity* são:

- a. **Visibilidade do consumo de materiais pela fábrica** – a adoção do campo associado ao tipo de material utilizado no componente cria uma nova oportunidade de mensurar com maior fidelidade o consumo da companhia, ajudando o time de Compras a provisionar o volume de recursos necessários para os próximos períodos produtivos, permitindo a empresa entrar em contato diretamente com as usinas siderúrgicas, ao invés de adquirir essas ligas de intermediários. Anteriormente, as requisições de matérias-primas chegavam em diversos momentos e em quantidades reduzidas tais que inviabilizavam os contatos com grandes fornecedores;
- b. **Identificação da procedência do material** – durante o processo produtivo podem ocorrer desvios de qualidade que se refletem em não-conformidades nas peças produzidas, a visualização do item sob análise se tratar de uma peça importada com grande *lead time* de entrega (informação fornecida pelo primeiro campo) deve fomentar a busca pelo esgotamento de todas as alternativas de retrabalho antes da disposição desse item como impossível de ser reaproveitado;

<sup>3</sup> Para maior detalhamento sobre o código de commodity, favor consultar o Anexo C para referência.

- c. **Correção do *lead time* de fabricação no MRP** – os valores de produção cadastrados atualmente no MRP antes do desenvolvimento do código de *commodity* não refletiam a dinâmica produtiva, apresentando valores inferiores àqueles registrados durante a execução das atividades. O refinamento desse campo permite melhorar a programação da fábrica e garantir maior atendimento às datas contratuais acertadas com os clientes e consequente incremento no faturamento da empresa;
- d. **Visualização do volume de itens adquiridos por tipo e família** – assim como ocorria quanto ao consumo de matéria prima, existiam muito poucas informações relacionadas com o consumo de uma determinada família e tipo de produto utilizado. Essas informações representam a oportunidade da empresa avaliar seu consumo realizado, projetar demandas futuras e analisar a capacidade de atendimento dos pedidos de seus fornecedores. Caso seja identificado qualquer gargalo, a empresa terá margem de manobra suficiente para providenciar a inclusão de um novo fornecedor ou buscar meios de expandir a capacidade de fornecimento dos agentes atuais;

Os resultados desse projeto apresentam altos potenciais de benefícios para formulação de estratégias e tomadas de decisões a partir de parâmetros muito mais condizentes com a realidade observada no ambiente operacional, permitindo identificar gargalos de fornecimento e previsões de demanda com muito mais antecedência e acurácia que os métodos anteriores à criação dessa iniciativa.

A partir do conjunto de informações tratado acima é possível identificar que o modelo de etiqueta escolhido deverá conter razoável capacidade de armazenamento de dados para suportar os campos obrigatórios e como a cadeia de distribuição na qual a empresa se insere não contempla a figura do varejista, o modelo indicado para adoção é o **GS1-128**.



### 5.3.1 O código de barras GS1-128

Após discussão dos campos que devem estar presentes nas etiquetas de identificação e dos tipos de etiquetas mais comuns existentes, o modelo que melhor se enquadra nas restrições apresentadas pelo caso estudado é o código **GS1-128**.

A utilização desse código é particularmente comum em aplicações nas quais é necessária elevada quantidade de informações nas etiquetas de identificação, o setor químico ou farmacêutico são alguns exemplos de segmentos nos quais a utilização desse tipo de código de barras é corrente.



**Figura 5.8: Exemplo de etiqueta de utilização baseada na sistemática GS1-128.**

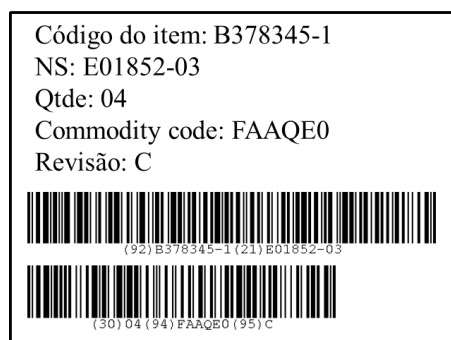
**Fonte:** Disponível em <[http://www.axicon.com/us/prod\\_labels\\_retail.htm](http://www.axicon.com/us/prod_labels_retail.htm)>. Acessado em 26/09/2011.

Esse código de barras apresenta como sistemática principal sua divisão em vários campos agrupados denominados Identificadores de Aplicação (*Application Identifiers – AI*). Cada *AI* é representando por dois ou mais algarismos e reflete a uma categoria definida de dados (data de validade, número do batch, data de vencimento, dentre outros), essa definição de classe é seguida pelo código associado ao dado representado. Para o conjunto de parâmetros definidos para estarem contidos na etiqueta de identificação dos itens serão utilizados os seguintes identificadores de aplicação:

**Tabela 5.2: Relação dos campos necessários para identificação no código de barras, correspondentes identificadores de aplicação e padrão de cada campo.**

<b>Informações</b>	<b>Código IA</b>	<b>Padrão do campo</b>	<b>Número de dígitos e formato</b>
Código do item	92	Código interno	De 1 a 30 dígitos alfanuméricos
Número de série do item	21	Número de série	De 1 a 20 dígitos alfanuméricos
Quantidade liberada no lote	30	Quantidade	De 1 a 8 dígitos numéricos
Código de commodity do item	94	Código interno	De 1 a 30 dígitos alfanuméricos
Revisão de engenharia	95	Código interno	De 1 a 30 dígitos alfanuméricos

**Fonte: Elaborado pelo autor.**



**Figura 5.9: Proposição de etiqueta contendo os campos definidos.**

**Fonte: Gerador de código de barras disponível em <  
<http://www.terryburton.co.uk/barcodewriter/generator/>>. Acessado em 01/10/2011.**

A divisão do conjunto de informações contida no código de barras permite evitar que o comprimento da banda de leitura do código de barras crie uma barreira de especificação para os modelos de coletores possíveis para utilização no projeto, encarecendo o custo dos equipamentos necessários.

### *5.3.2 Integração ERP e sistema de código de barras*

Após identificar a tecnologia que será utilizada, através da definição da escolha do modelo GS1-128 para padrão de impressão das etiquetas e definição dos campos utilizados na etiqueta, será discutida a relação entre o novo sistema de informação responsável pela automação do controle de inventário e o ERP existente.

Essas alterações inseridas por esse sistema de informação são refletidas nos processos mapeados anteriormente e devem ser revisitados para especificar as alterações necessárias para utilização dessa nova tecnologia.

O sistema de automação utilizado para controlar os coletores e responsáveis por buscar as informações necessárias nas diversas fontes de dados existentes (ERP, sistemas da qualidade), processar as transações solicitadas e comunicar as bases de dados os resultados das operações solicitadas.



**Figura 5.10: Representação da interação entre os diversos sistemas.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Como mostrado na figura acima, a partir da leitura das etiquetas existentes em cada item, o software existente nos leitores será responsável por buscar e gravar as informações associadas aos processos solicitados pelo operador (transferência, baixa, etc.) e realizar as transações *online* com as tabelas do ERP e o sistema de Qualidade.

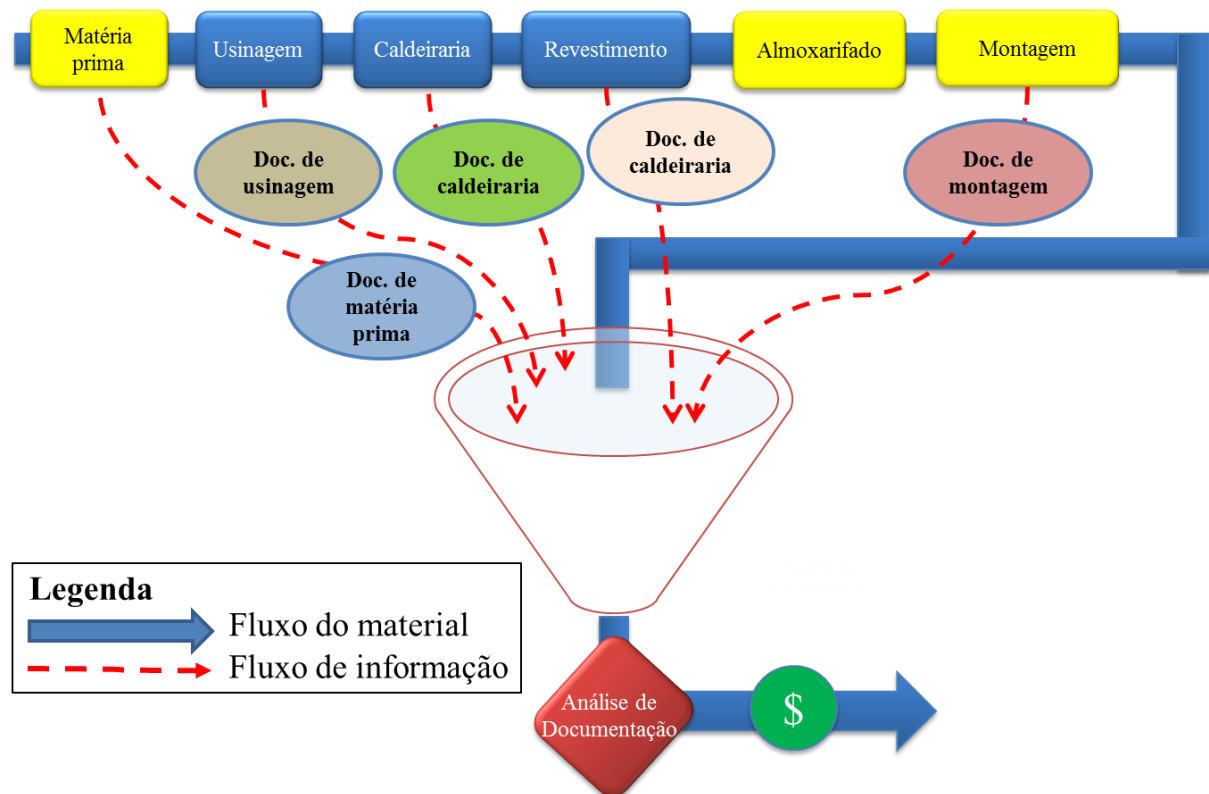
Além das etiquetas de identificação dos ativos serão utilizadas etiquetas para identificar as posições de armazenamento no estoque, permitindo rápida identificação do local no qual será realizada qualquer transação (recebimento, separação de itens ou transferência de localização). O ganho adicionado pela automação da identificação das posições de estoque é particularmente vantajoso durante o processo de contagem do inventário anual, na qual são realizadas várias atividades repetitivas e os ganhos proporcionados por essa automação permite aumentar o ritmo de trabalho e reduzir o tempo de sua realização.

Outro item identificado será o roteiro de fabricação (RFI), que contém a descrição de todos os processos associados com a produção de um dado item e será utilizado para fechamento automático das fases de processo através da leitura da etiqueta e inserção dos dados relacionados com o processo executado, dando agilidade a mais essa etapa do processo.

### 5.3.3 Atribuição de número de série

Com o advento da automação é necessário que todo item esteja corretamente identificado, para tanto é necessário definir os momentos nos quais as etiquetas de identificação serão impressas:

- a. **Inspeção de recebimento** – quando do momento de aprovação do lote de materiais recebidos é eliminada a necessidade de preenchimento da ficha de identificação manual, para tanto é necessário customizar a lógica de geração dos códigos de barras presentes no ERP para que a partir da aprovação do lote no ERP, possa ser atribuído o número de série coerente com os padrões de codificação estabelecidos e, a partir desse código, armazenar o número de lote, número de registro de inspeção e data de realização de inspeção. Após a aprovação dos lotes é realizada a fixação das etiquetas ao item e as peças estão prontas para serem armazenadas, cabendo ressalva que o processo de aprovação é análogo para itens adquiridos acabados ou para matérias-primas tendo somente variações quanto aos critérios utilizados para sua aprovação;
- b. **Encerramento de ordem de produção para item semiacabado** – após termino de processo de produção comprovado mediante disposição de material em área de entrada do almoxarifado e roteiro produtivo com todas as fases de processo devidamente preenchidas. Após fechamento da ordem de produção no sistema é realizada a criação de saldo do novo item e é necessária a impressão de uma nova etiqueta para identificar esse componente, ficando sob responsabilidade do almoxarife imprimir a nova etiqueta e providenciar seu armazenamento;
- c. **Encerramento de ordem de produção de montagem** – se refere ao equipamento finalizado, inspecionado e com todas as etapas relacionadas com sua ordem de produção devidamente finalizadas no sistema. Para identificar esse novo conjunto é necessária a impressão de uma nova etiqueta de identificação pelo almoxarifado, seguido da movimentação do item para o almoxarifado de itens acabados;



**Figura 5.11: Representação do processo produtivo da empresa. Em amarelo, pontos de atribuição das etiquetas de código de barras.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A figura acima representa as etapas nas quais ocorre a geração de um novo item e, por consequência, a impressão de uma nova etiqueta de código de barra conforme natureza do item na etapa: matéria-prima, item semiacabado ou equipamento finalizado.

#### 5.3.4 Preparação de documentação – Rastreabilidade dos componentes

A automação do processo de identificação permite acelerar a taxa de realização de operações por facilitar a coleta, transferência e armazenamento dos dados relevantes para o processo produtivo, contudo deve ser estruturada e suficientemente validada em ambientes de testes para garantir que não existam desvios e suas graves consequências.

Como discutido em vários momentos durante esse trabalho, as características de operação e criticidade de uma possível falha no equipamento produzido representaria impactos que transcenderiam a relação entre a empresa e seus clientes, envolvendo esferas governamentais, populações e outros agentes. Desse modo, a rastreabilidade é componente

fundamental para garantir a correta validação de manufatura de cada elemento utilizado, bem como o levantamento de todo seu histórico (testes a que foi submetido, lote de matéria-prima utilizado, fornecedor, dentre outros). Para tanto, o módulo de controle de lote no ERP deve armazenar os dados referentes aos lotes e a equipe de TI relacionada com o projeto deve garantir a confiabilidade do tratamento desses dados.

Ao abordar processos de separação de itens ou a realização das contagens durante o inventário anual se percebe a quantidade de desvios induzidos pelo modelo atual, suas limitações quanto à velocidade de operação e a perspectiva de incremento da taxa de realização das atividades através do advento de uma nova tecnologia de gestão de ativos, o tempo utilizado para anotação de informações manualmente e sua transcrição para outros registros de controle<sup>4</sup> e a grande quantidade de retrabalhos inseridos devido a constante necessidade de repetição para confirmação das informações descritas nesses registros.

De modo análogo, maior acurácia de inventário através de controle rigoroso e veloz dos produtos realizados na planta permite a empresa diminuir o período de contagem anual, intervalo no qual todas as transações de materiais, recebimentos e faturamentos se encontram congeladas para levantamento dos itens em estoque e daqueles já em processo. Os ajustes de estoque solicitados após a realização do inventário deverão sofrer sensível diminuição e poderá ser inaugurada a prática de realização de inventários rotativos para diminuição dos desvios e melhor controle.

### 5.3.5 Rastreabilidade dos itens em processo – WIP

Uma nova oportunidade de controle advinda com o código de barras se refere ao monitoramento online dos itens em processo (*WIP – Work in process*) durante sua movimentação entre os diferentes setores funcionais da empresa. Anteriormente o acompanhamento desses itens pela fábrica era feito pela área de Planejamento através da realização de relatórios nos quais os coordenadores da cada área funcional notificavam os itens que estavam em processo em suas áreas, bem como as estações de trabalho nas quais se encontravam.

---

<sup>4</sup> Ver Anexo B para maiores detalhes

Com a nova sistemática é possível monitorar a evolução do roteiro de produção pelas diferentes áreas e, através da identificação de qual seu próximo processo, obter precisamente a localização dos itens em processo de modo rápido. Auxiliando na visibilidade do cumprimento da programação estabelecida no Programa Mestre de Produção (PMP) e facilitar a contagem desse tipo de item durante a realização do inventário anual.

### *5.3.6 A implantação do sistema de código de barras*

Uma mudança com elevada importância para as operações realizadas na empresa, as mudanças de recursos tecnológicos oferecidos aos operadores e a curva de aprendizado associado a essa nova tecnologia deve ser estudado e estruturado para definir a melhor abordagem, representando acelerar o processo de maturação das mudanças e minimizar os riscos de falhas.

Para tratar os possíveis modelos de implantação serão aproveitados os estudos desenvolvidos por Souza e Zwicher (2003), que tratam das abordagens disponíveis para implantação de sistemas ERP, que comparativamente muito mais complexos que um sistema de controle por código de barras, também representa mudança de processos, introdução de novas interfaces e necessitam de abordagem estudada. As possíveis abordagens propostas, trazidas para o conceito do projeto apresentado, são:

- Implantação total – mudança de todos os processos afetados pelo código de barras de uma só vez;
- Implantação parcial – mudança para o novo modelo de código de barras processo a processo;

O processamento realizado pelo ERP existente na empresa é estruturado em períodos mensais, dessa forma é simples a mudança para a nova configuração durante os períodos de fechamento mensais. Nessa configuração, a implantação de novos processos é facilitada entre os diferentes períodos e, com base na criticidade dos processos, estabelecer o modelo de implantação parcial com a seguinte sequencia de mudança nos processos:

Ordem de Implementação	Processo	Importância	Cronograma de implantação
1	Recebimento e Armazenamento	Validação da sistemática de atribuição dos dados.	Janeiro/2012
2	Separação e baixa de materiais e Preparação de documentação	Acompanhamento dos novos processos de transferência de materiais. Verificação da geração eletrônica de registros.	Fevereiro/2012
3	Fechamento de ordem de produção (item semiacabados) e faturamento dos produtos	Monitoramento dos novos fluxos de processo.	Março/2012

**Quadro 5.2: Priorização da ordem de implementação dos processos.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

#### 5.4 NOVA SISTEMÁTICA DE DOCUMENTAÇÃO

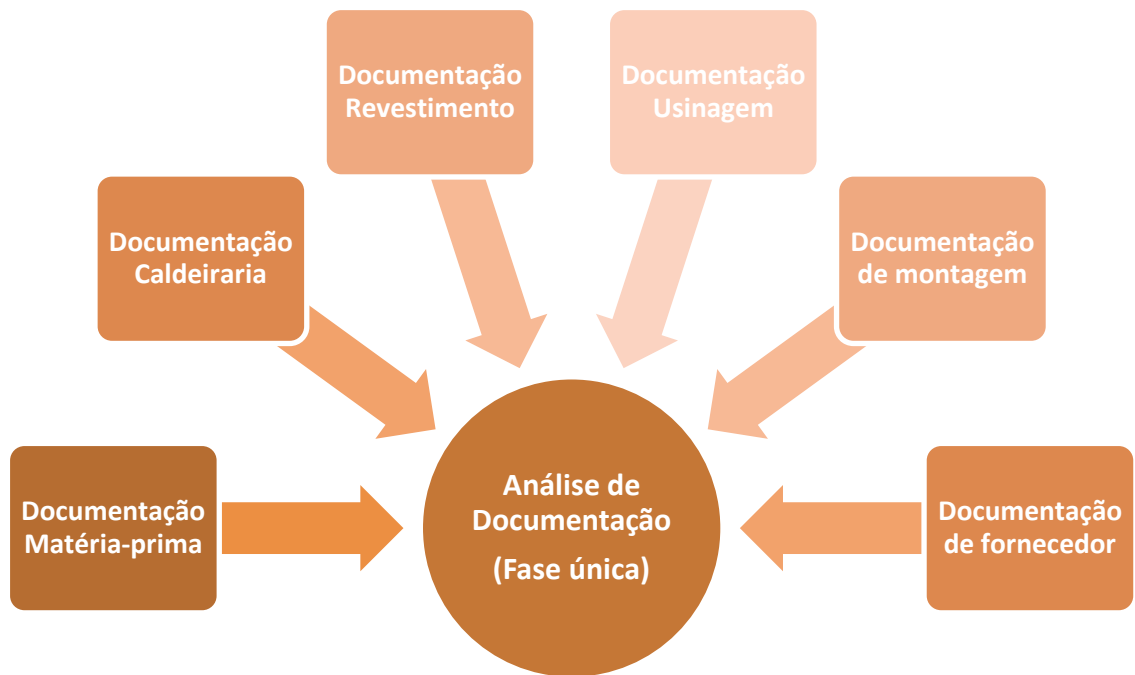
O processo de análise de documentação representa uma grande fonte de desperdício no sistema, sendo o segundo processo listado como maior responsável pelo tempo total de produção dos equipamentos. A alta concentração de carga na equipe final, a morosidade de aprovação dos bens que já se encontram com seus processos de produção finalizados e o alto tempo de resposta a qualquer desvio observado são fatores que constituem uma oportunidade de melhoria e criação de uma nova configuração desse processo,

Como discorrido no item 4.3.2, a manufatura dos equipamentos consiste na realização de diversas atividades em diversas áreas funcionais localizadas internamente ou através de operações subcontratadas e durante esse processo, que obedece a uma série de critérios de desempenho, condições de realização e gerenciamento dos registros que comprovem tais cuidados ao longo de sua fabricação. Os registros relacionados na Figura 4.3: Relação de documentos gerados em cada área funcional da empresa. Figura 4.3 são evidências necessárias para a cadeia produtiva na qual a empresa se insere e devem ser reunidos e consolidados em um *data book* enviados ao cliente junto com o item faturado para comprovação do cumprimento das condições de fabricação estabelecida entre as partes no desenvolvimento do projeto.

Contudo, a observação do processo atual traz uma rápida constatação do elevado volume de documentos analisados ao final do processo sem qualquer checagem anterior,

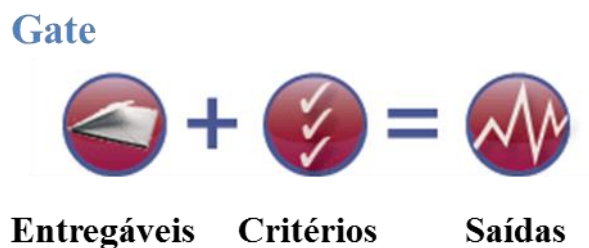


postergando a identificação de possíveis desvios nos registros e tornando longo o tempo de resposta conforme se afasta da etapa de geração da deficiência.



**Figura 5.12: Estrutura inicial da análise de documentação com a visível concentração de registros para verificação ao final do processo.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O modelo de desenvolvimento de novos produtos elaborado por Cooper (1990), através da introdução da estrutura em *gates*, constituído pelos entregáveis, critérios de passagem e o resultado do *gate*. A aplicação desse modelo na estrutura da documentação deve ser precedida pelo estabelecimento desses três elementos que constituem um *gate*.

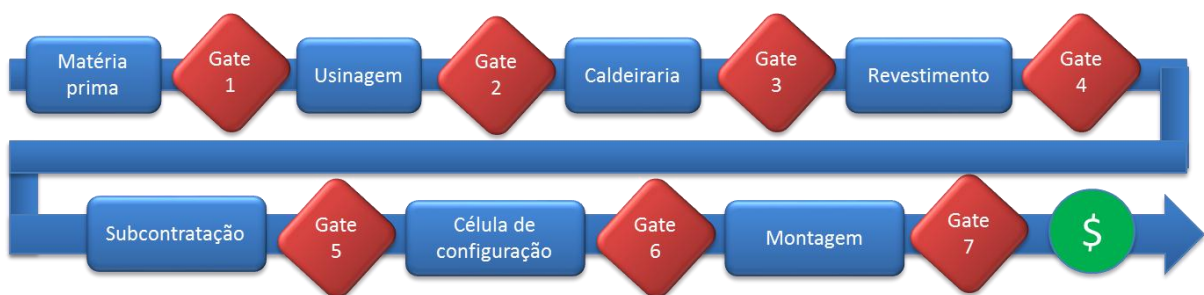


**Figura 5.13: Representação da estrutura dos gates.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Uma praticidade para aplicação do modelo diz respeito à configuração especificada pelos procedimentos de qualidade, que previamente estipulava os critérios de aprovação e níveis de desempenho esperados para liberação do processo, definindo também as condições

de realização dos testes e as especificações associadas com a geração dos registros comprobatórios do processo. Dessa forma, as classes de entregáveis, critérios e as características da saída já estavam estipulados e propiciavam a implantação desse modelo.

Outro fator importante de discussão diz respeito ao nível de conhecimento requerido aos funcionários envolvidos com a geração desses registros, para tanto é necessário conhecimento dos procedimentos de qualidade e capacidade técnica de identificação de possíveis desvios (trincas, poros, marcas, dentre outros). Todavia, os profissionais da qualidade dispostos nas diferentes áreas funcionais apresentam as competências necessárias, ou através de simples treinamento complementar, já são primeiramente utilizados para geração dos documentos. Entretanto não tem como premissa a verificação dos registros anteriores ou qualquer necessidade formal de análise dos documentos associados com as etapas anteriores.



**Figura 5.14: Ilustração do modelo de stage-gates aplicado para a Análise de Documentação.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Assim, a aplicação do modelo de *stage-gate* proposto por Cooper(1990) possibilita a divisão do escopo de análise de divisão dos registros gerados durante as sucessivas etapas de produção de uma primeira estrutura na qual sua verificação é realizada somente ao final do processo, com o item com todos os componentes montados e pronto para expedição, para um modelo no qual os registros são checados ao final dos tramites realizados em uma área. Por essa sistemática os registros anteriores são revisitados e identificados quaisquer desvios de documentação mais próximos as etapas que os originaram, aumentando a agilidade da empresa em corrigir tais desvios, diminuindo o número de não-conformidades e possibilitando um fluxo de valor mais contínuo.

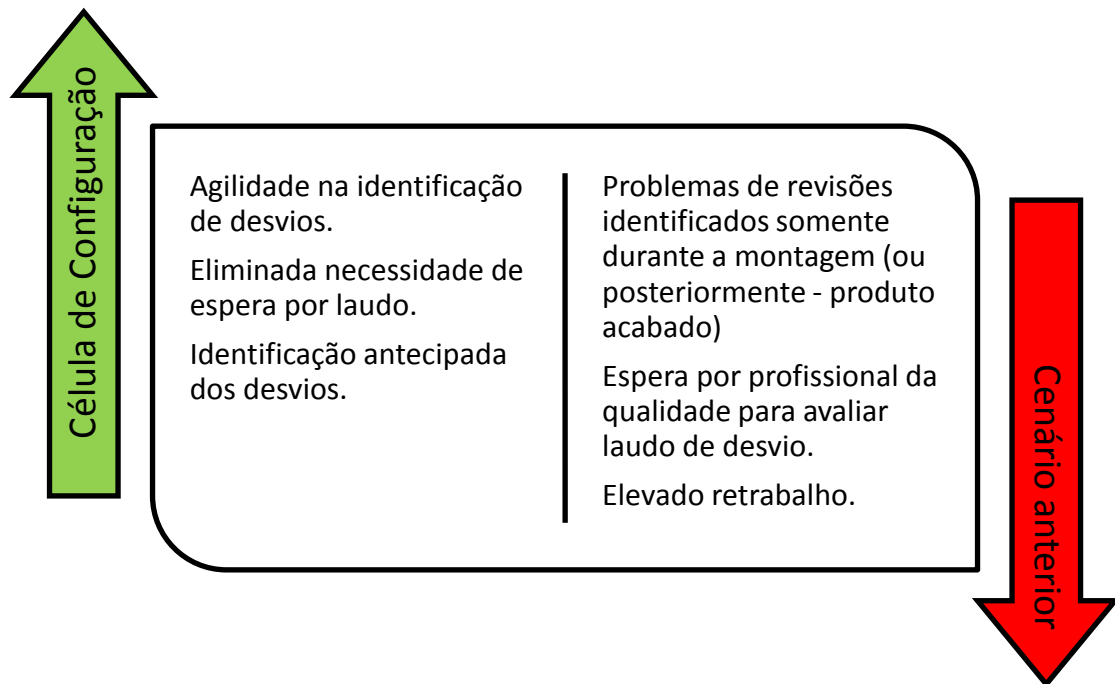
## 5.5 CÉLULA DE CONFIGURAÇÃO

Uma das deficiências identificadas pelo autor do presente estudo durante o acompanhamento do processo de transferência de itens entre o almoxarifado e a área de montagem é a falta de verificação de qualidade dos componentes que estão sendo enviados. Devido ao longo tempo de montagem dos equipamentos, elevado número de componentes e complexidade de planejamento para sua execução, são corriqueiras às vezes em que se verificam alguns dos seguintes problemas:

- Itens armazenados com revisões de engenharia anteriores às atuais;
- Itens danificados, com áreas de vedação comprometida ou outros defeitos adicionados durante o grande tempo de armazenamento;
- Itens com dificuldade de identificação devido à degradação das etiquetas e oxidação de sua superfície;

Os operadores responsáveis pela coleta segundo as listagens de separação originadas do BOM associados a cada equipamento realizavam tal atividade sem se atentar aos desvios citados anteriormente, ocasionando uma série de registros de não conformidade relacionados com esses problemas. Após a abertura desses registros é necessária apreciação do desvio por parte de um funcionário da qualidade para verificação do problema e definir o plano de ação para sua correção.

O advento da nova proposta de organização do processo de análise de documentação, conforme explicitado no item 5.4, trouxe como benefício adicional à diminuição do tempo de verificação de registros do processo a retirada de elevada carga de trabalho da equipe responsável pela realização integral dessa análise ao final do processo e gerando em um grupo de profissionais altamente qualificados. Tais indivíduos receberam capacitação para realizar inspeção final criteriosa do item montado, ultima oportunidade de identificar possíveis desvios antes da entrega dos equipamentos ao cliente e, portanto, constituem mão de obra especializada com grande conhecimento do produto.



**Figura 5.15: Comparação dos ganhos entre a adoção da célula de configuração e o cenário anterior.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A criação da célula de configuração, uma área de transição entre o almoxarifado e o setor de montagem, na qual os itens separados são verificados por profissionais capacitados aptos a identificar quaisquer desvios e antecipar ações corretivas permite reduzir consideravelmente o número de não-conformidades observadas na área de montagem e a alocação dos profissionais eliminando a ociosidade gerada pela melhoria no processo de análise de documentação.

## 6 NOVO PROCESSO

As melhorias introduzidas pelos planos de ação detalhados no item anterior incorrem em mudanças nos processos mapeados durante o levantamento do estado atual. Sendo assim, é necessário revisitar sua rotina verificando as mudanças associados com a implantação dos planos de ação e mensurar os ganhos obtidos para evidenciar a melhoria da condição de operação da empresa.

Para estruturar a apresentação desses processos será utilizada a mesma lógica que direcionou a ordem de análise do estado inicial, ou seja, os valores de *lead time* associados a cada processo conforme detalhado no Gráfico 4.1.

### 6.1 ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO

#### Características gerais do processo de documentação

Dono do Processo	Qualidade
Cliente do Processo	Contratos (documentos de montagem)
	Áreas produtivas (documentos ao longo do processo)
Fatores Críticos do Processo	Acurácia na verificação
	Rapidez na análise
	Garantia de rastreabilidade

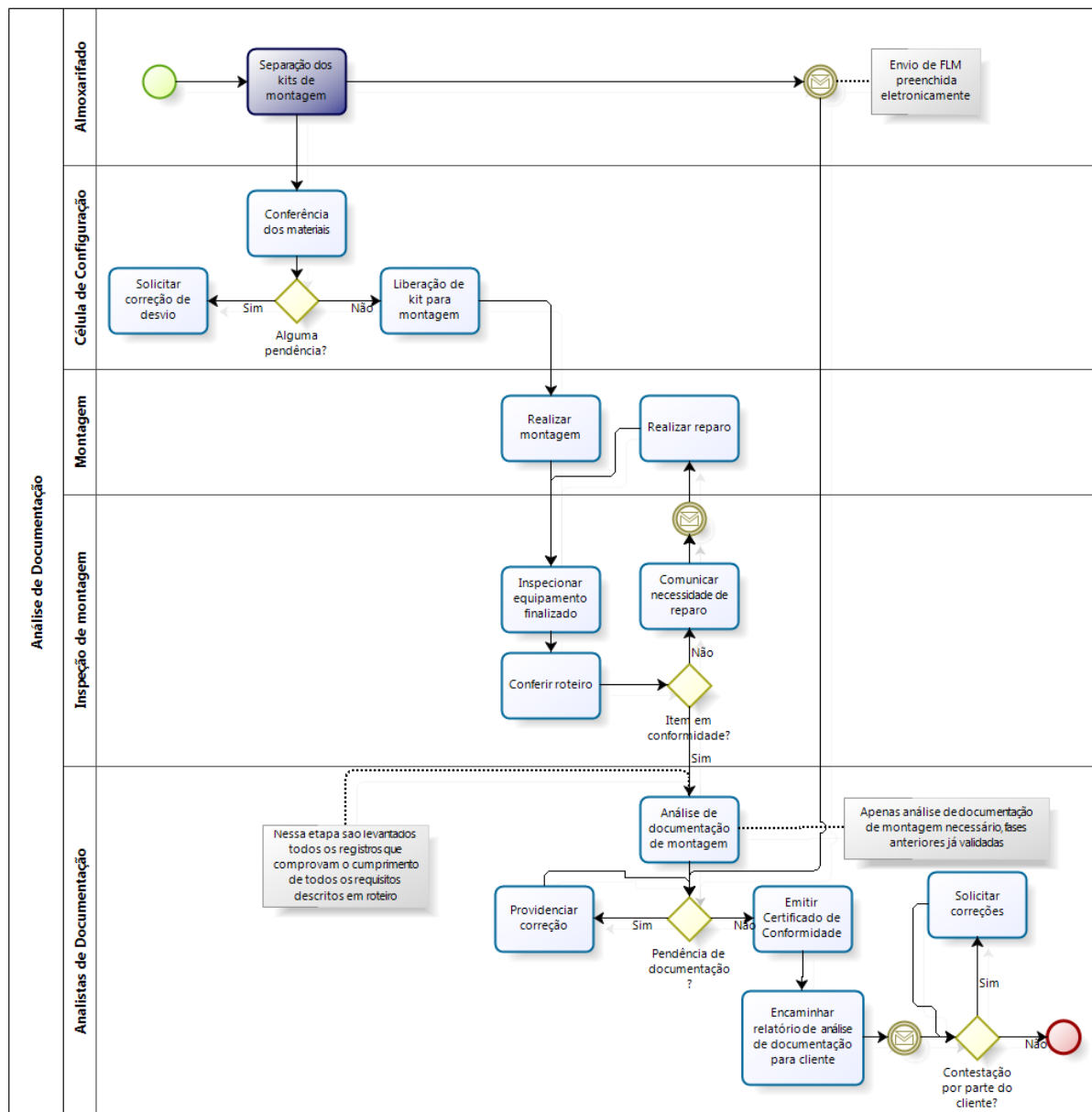
**Quadro 6.1: Principais características do processo de documentação.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O novo processo de análise de documentação apresenta uma grande simplificação e divisão racional da carga de trabalho em comparação com a condição inicial. Houve a liberação de recursos através da automação de tarefas que requeriam grande acurácia, tais com a preparação da Folha de Locação e Montagem (FLM), sendo tais tarefas automatizadas pelo sistema de automação adotado para o controle de inventário.

De modo análogo, o advento da nova estrutura de documentação dividida em *gates* permite partilhar o escopo da análise de documentação ao longo do processo e ficando sob responsabilidade dessa área apenas a análise da documentação referente a montagem final do

equipamento. Como os registros criados na montagem são os mesmos para todos os equipamentos montados, o tempo de análise para um equipamento com poucos itens e para outros muito mais complexos são bastante semelhantes e permite dimensionar da melhor forma a equipe e liberando recursos para a criação da célula de configuração.



**Figura 6.1: Novo processo de documentação, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

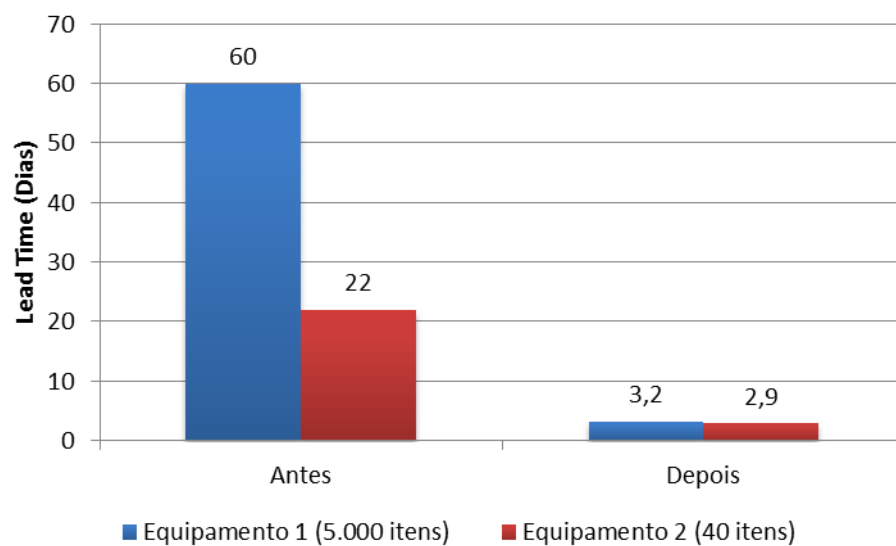
As mudanças inseridas no processo são perceptíveis a partir de seu início, pois se nota a atuação da célula de configuração para interceptar possíveis peças fora de especificação, evitando seu envio para a montagem. Em adição não é verificado mais a atividade de preparação de documentação de montagem pela área, visto que essa informação é enviada

automaticamente pelo sistema para a área de documentação após o término da separação. A diminuição do escopo é verificada pela definição da tarefa, alterada para análise apenas de documentação de montagem, ao contrário do anterior que definia o escopo como sendo de todos os registros gerados no processo.

De maneira geral houve grande simplificação do processo através da reconfiguração do processo e da utilização de ferramentas de informática para automatizar a rotina de atividades, diminuindo o número de operações manuais e sua variabilidade associada, bem como a diminuição das paradas verificadas na área de montagem por componentes fora de especificações, sendo agora tais componentes interceptados pela célula de configuração antes de sua chegada à montagem.

Como a implantação dos *gates* ao longo do processo consiste de uma melhoria independente do projeto de automação do controle de inventário, sendo um rearranjo da sistemática de verificação dos registros ao longo do processo, tal rearranjo pode ser executado imediatamente após seu desenho e o treinamento dos profissionais na nova lógica de análise, sendo executada em setembro de 2011. Dessa forma, o processo descrito na Figura 6.1 já se refere ao processo atual da empresa.

A eliminação desses desperdícios permitiu reduzir o valor de *lead time* médio desse processo de dezenove dias para três dias, variando muito pouco mesmo para equipamentos com maior complexidade. O valor original estabelecido de 22 dias ainda não foi passível de redução devido à falta de implantação total do controle de inventário por código de barras, entretanto já foi possível visualizar substancial redução no tempo de análise e melhoria em busca da meta estabelecida pela gerência.



**Gráfico 6.1:** Comparação dos valores de *lead time* verificados anteriormente e após revisão do processo.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

As perspectivas após o amadurecimento do novo sistema de gestão de inventário são de ganhos superiores àqueles atualmente mensurados devido aos ganhos proporcionados por essa nova ferramenta, incrementando ainda mais o desempenho final do processo.

## 6.2 RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO

### Características gerais do processo de Recebimento e Armazenamento

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Planejamento (disposição dos itens para uso)
	Recebimento Fiscal (checagem da documentação fiscal)
Fatores Críticos do Processo	Acurácia na verificação física dos materiais
	Acurácia na verificação fiscal dos documentos
	Rapidez na conferência física dos materiais
	Rapidez na conferência fiscal dos documentos
	Acurácia no armazenamento

**Quadro 6.2:** Resumo dos principais aspectos do processo de Recebimento e Armazenamento.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

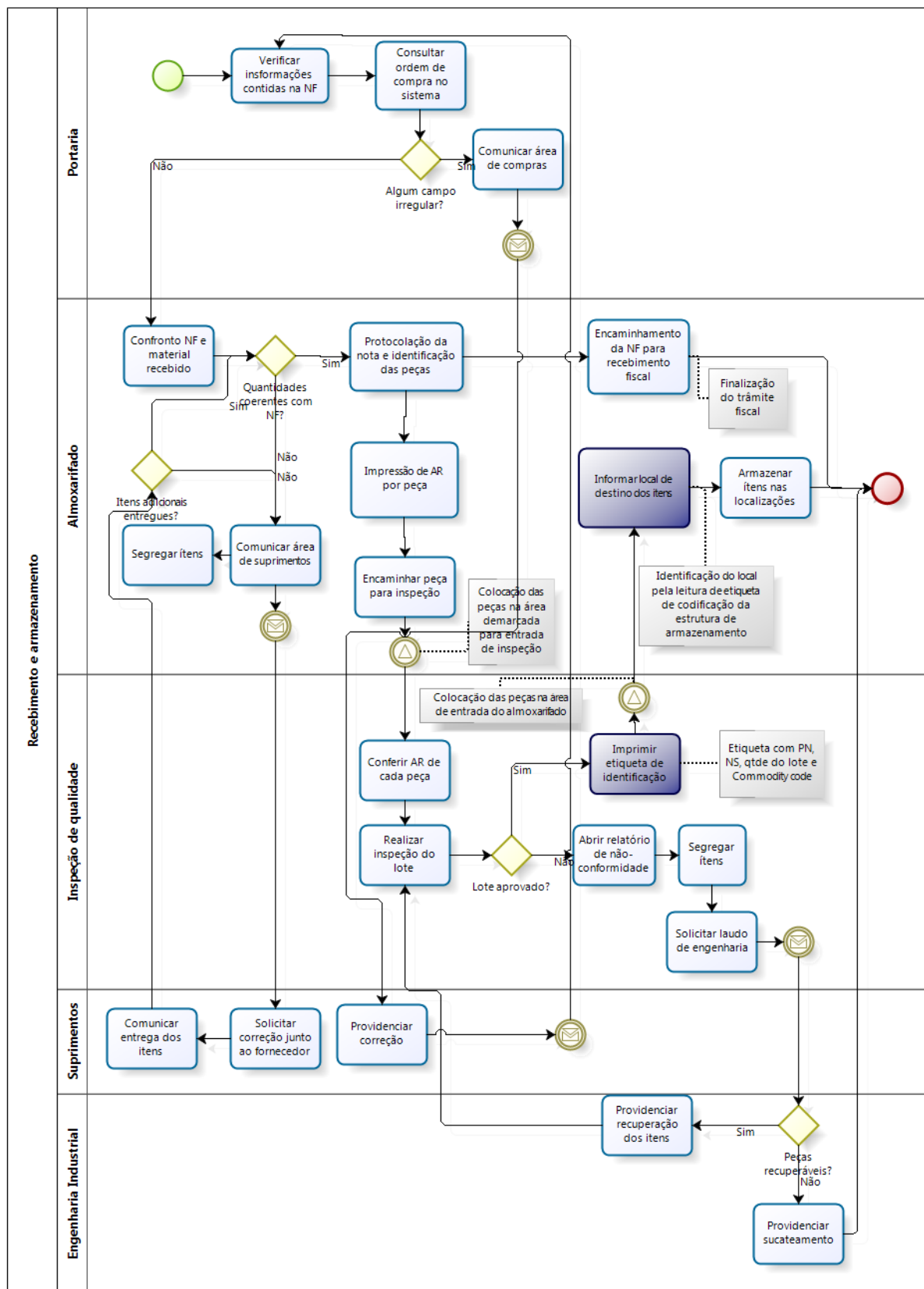
Processo-chave para desenvolvimento da nova lógica de controle de inventário, o processo de recebimento e armazenamento foi escolhido como inaugural para o projeto de automação do controle de inventário pela sua importância na definição das características que acompanharão os itens durante sua manipulação na empresa.



De acordo com as definições feitas durante as reuniões do projeto de implantação do controle por código de barras, que contou com a presença de membros do planejamento, qualidade, engenharia industrial, logística e tecnologia da informação, foi definida a impressão da etiqueta de identificação após a realização da inspeção de recebimento. Após a inspeção já estão disponíveis as informações necessárias para rastreabilidade do item (número de lote, número de inspeção (RCR), número de série e revisão de engenharia do item).

As mudanças do processo de recebimento se concentram após o término da inspeção dos itens, quando da impressão agora das etiquetas de identificação dos itens contendo seus dados de rastreabilidade gerados pelo próprio ERP, eliminando entrada manual de dados e risco potencial de inserção de informações incorretas no sistema. Para tanto, foi necessário customizar a lógica de geração dos números de série no sistema para que assimilasse a lógica definida pelo procedimento de qualidade que rege a realização dessa atividade.

Em seguida a liberação dos itens pela inspeção é realizado o armazenamento nas localizações definitivas de estoque, já podendo ser utilizado os leitores de etiquetas para identificar os dados referentes ao tipo de peça a ser armazenado e quantidade, bem como o endereço do local a ser armazenado a partir da leitura da etiqueta de identificação e a consequente transação sem necessidade de ir a um computador, acessar as diversas telas do ERP e realizar a mesma atividade.



**Figura 6.2: Novo processo de recebimento e armazenamento, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3 FATURAMENTO DE PRODUTOS

#### Características gerais do processo de Faturamento de produtos

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Contratos (liberação do item para envio ao cliente)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez no faturamento do item
	Acurácia na verificação de documentação

**Quadro 6.3: Resumo dos principais aspectos do processo de Faturamento de produtos.**

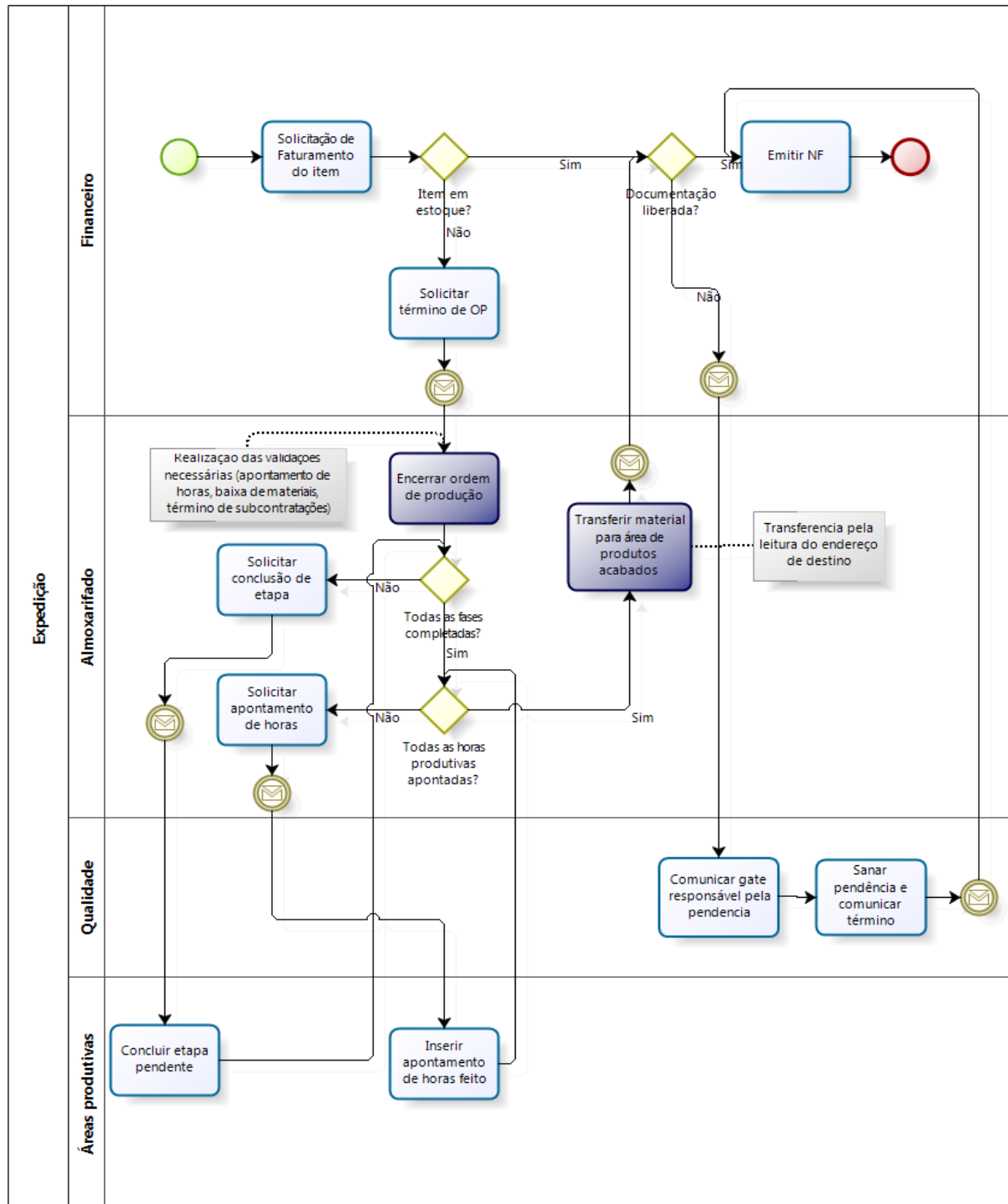
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O processo de faturamento tem seu valor de *lead time* reduzido a partir da automação das transações associadas com o fechamento da ordem de produção de montagem, mandatória para criação de saldo do equipamento necessário para ser expedido ao cliente e pela agilidade na realização de transferência da área de montagem para o almoxarifado de produtos acabados para aguardar liberação de documentação e envio para o cliente final.

Cabe ressaltar outra melhoria realizada a partir da alocação de um funcionário do departamento financeiro na área de expedição, com objetivo de facilitar o diálogo entre os almoxarifes responsáveis pelo fechamento das ordens de produção e o funcionário responsável pela solicitação da nota fiscal. Essa alteração visa diminuir os problemas de comunicação gerados pela falta de visibilidade do departamento financeiro da empresa sobre quais itens estão prontos para serem expedidos, gerando cobranças para finalização de itens que muitas vezes estão com pendências que demandam certo tempo para sua resolução (desvios de documentação, reprovação em inspeção de montagem) e outros itens já finalizados não tem suas notas emitidas devido a falta de divulgação das informações de fechamento de ordens de produção em momentos de grande faturamento, como os períodos de fechamentos mensais ou trimestrais.

A possibilidade de redesenhar o processo de fechamento de ordens de produção durante a definição do processo nos leitores de código de barras permitiu reunir as diversas telas necessárias para fechamento de ordem de produção em uma abordagem orientada a processo, sendo o *software* de controle dos leitores responsável por acessar as tabelas do ERP, inscrevendo e coletando as informações que outrora eram acessadas campo a campo pelos operadores. Assim, as consistências que necessitam ser verificadas para fechamento de ordem de produção são realizadas sequencialmente pelos leitores e trazem benefícios pela eliminação de tempo de digitação e acesso em diferentes sessões do sistema.

A transferência dos equipamentos para o almoxarifado de produtos acabados é realizado de modo mais simplificado através da leitura de identificação do equipamento e da identificação do local de armazenamento, constituindo fonte adicional de redução de desperdício e excesso de processamento.



**Figura 6.3: Novo processo de faturamento, com as atividades afetadas pela automação do controle de inventário em destaque.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

## 6.4 SEPARAÇÃO E BAIXA DE MATERIAIS

### Características gerais do processo de Separação e baixa de materiais

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Planejamento (separação das OP's requisitadas)
	Montagem (envio dos kits para montagem)
	Manufatura (envio das matérias-primas para produção)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez na separação dos itens
	Acurácia na verificação de documentação

**Quadro 6.4: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O novo processo de separação e baixa de materiais pode ser considerado um dos principais beneficiados com a automação do controle de inventário, pois é constituído de atividades repetitivas com grande volume de repetições. Essas características permitem grandes ganhos de desempenho através da automação dessa rotina a partir da eliminação de tarefas manuais, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos e permitindo incrementar a taxa de saída dos materiais.

As listas de separação serão substituídas pela relação contida na tela dos leitores, já devidamente ordenados pelas localizações de estoque. A efetivação da baixa deixará de ser realizado somente após o término do processo de separação, sendo realizado simultaneamente durante a identificação dos itens solicitados. Da mesma forma, caso não seja encontrado um determinado item constante de uma lista de separação já será possível a consulta das demais localizações onde esse componente específico estará disponível para substituição e conclusão da BOM em separação.

A realização do inventário anual é muito favorecida pela nova configuração do processo de separação através da automação da identificação dos itens e das localizações de estoque. A tratativa anterior de inventário, inclusive utilizada no inventário realizado em outubro de 2011, consistia na impressão de listas de contagem manuais preenchidas item a item de todas as localizações existentes, sendo feita a transferência das informações anotadas pelos operadores para planilhas de tabulação por funcionários que ficavam diretamente alocados para realizar essa atividade. Contudo, essa forma de levantamento de dados para o inventário insere diversas fontes de erros tais como dificuldade de compreensão da grafia utilizada, dificuldade de leitura das etiquetas tradicionais em papel em locais expostos ao tempo e

outros erros verificados. Devido a essa configuração, a finalização das listas de contagem e a identificação de possíveis desvios ficam comprometidas, tomando maior tempo do que o aceitável e terminando por prolongar a realização do inventário. Ressaltando que durante a realização do inventário todas as operações de faturamento, recebimento ou quaisquer movimentações de peças dentro da fábrica ficam proibidas em virtude da manutenção da localização das peças para apresentação aos auditores.

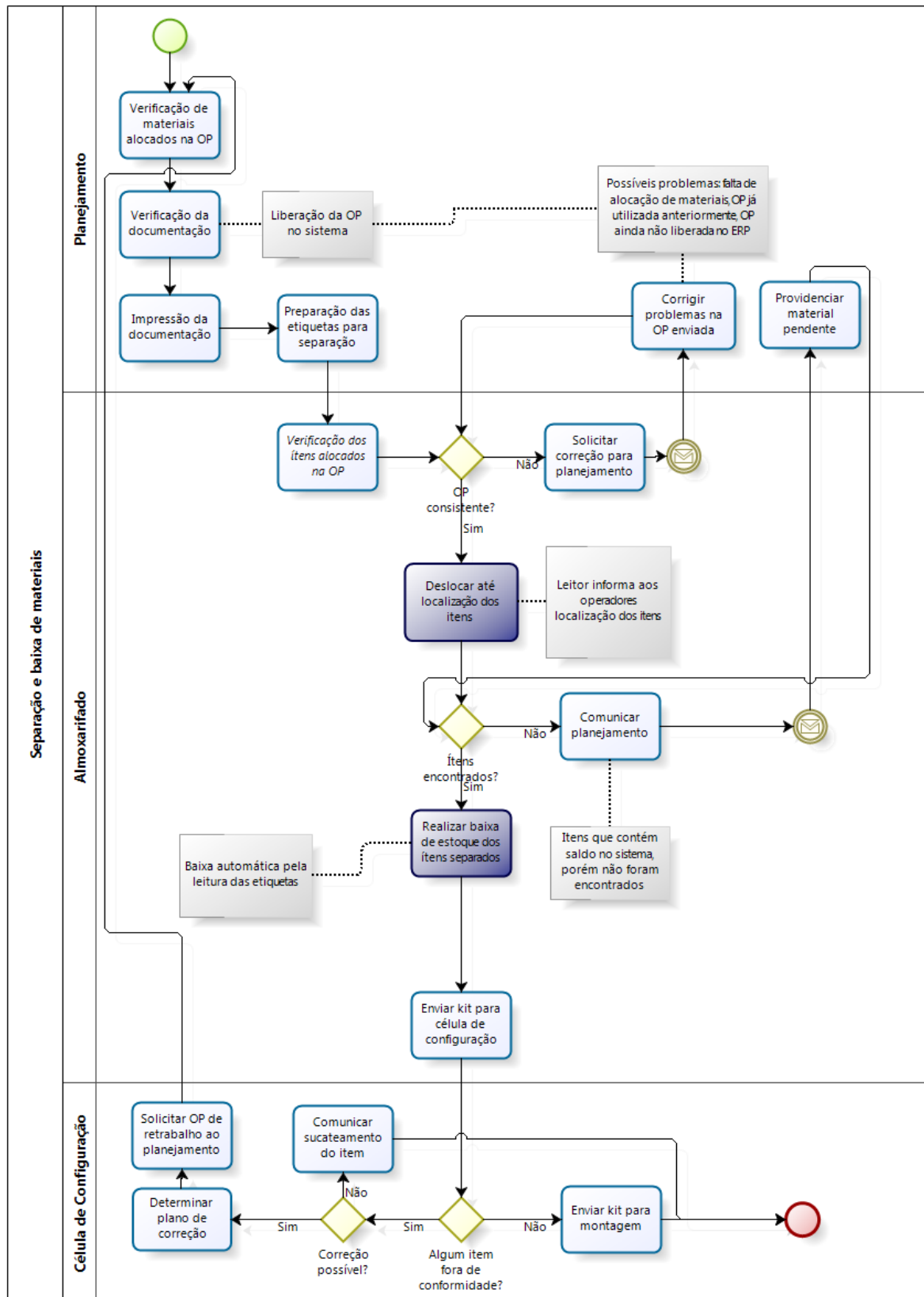


Figura 6.4: Novo processo de separação e baixa de materiais em ordem de produção, com atividades afetadas pela automação do controle de inventário em destaque.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.5 FECHAMENTO DE ORDEM DE PRODUÇÃO

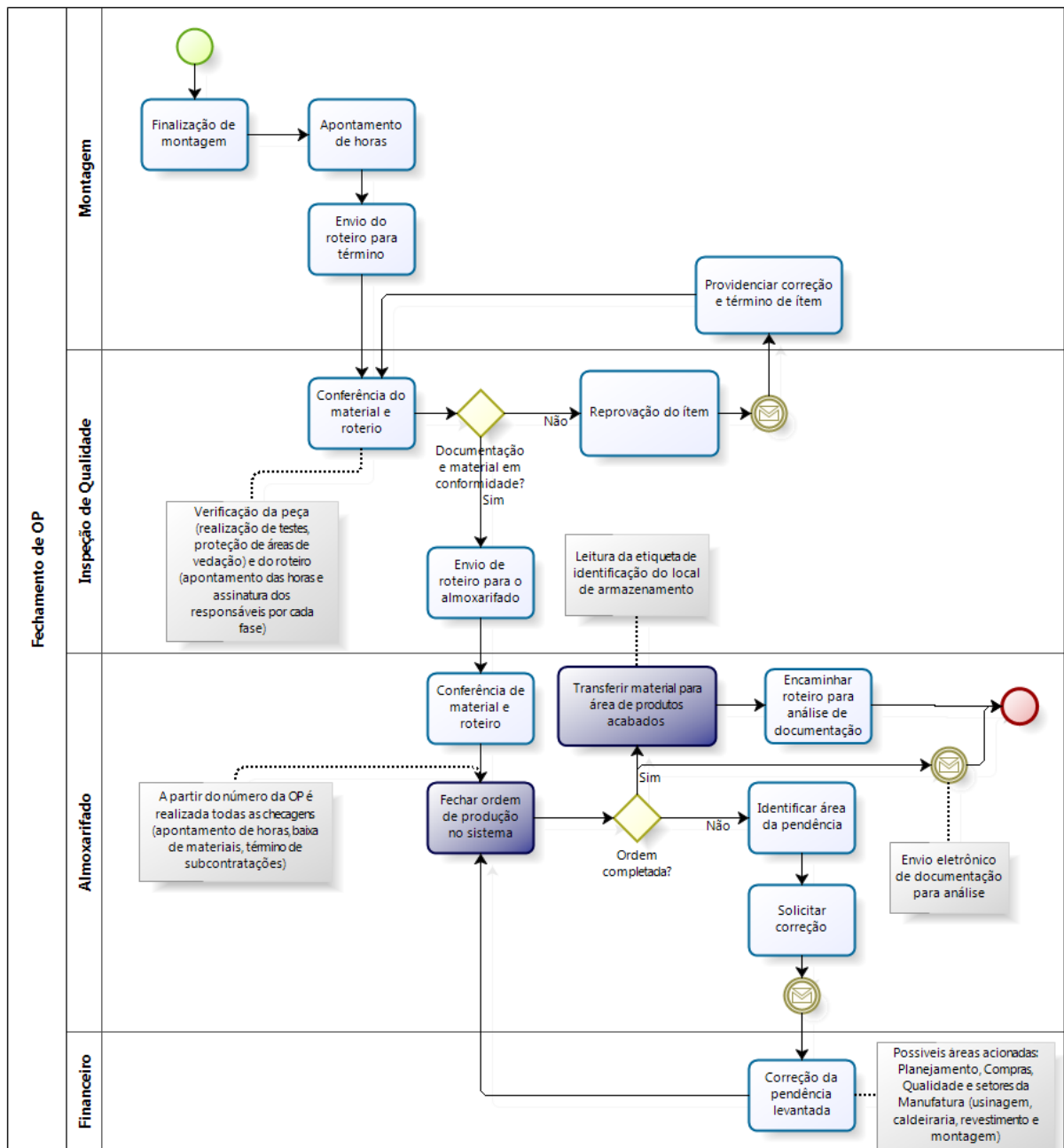
### Características gerais do processo de Fechamento de Ordem de Produção

Dono do Processo	Logística
Cliente do Processo	Contratos (disposição do item para faturamento)
Fatores Críticos do Processo	Rapidez no fechamento do item Acurácia na verificação de roteiro de produção Garantir produção conforme procedimento

**Quadro 6.5: Resumo dos principais aspectos do processo de Separação e baixa de materiais.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O processo de fechamento de ordem de produção partilha dos benefícios identificados anteriormente no processo de faturamento, ou seja, os benefícios no controle de inventário são caracterizados pela mudança na abordagem das atividades associadas ao término da ordem de produção, a partir da necessidade do acesso a diferentes telas do ERP para realizar as validações necessárias foi traduzida em uma abordagem por processo nas quais as validações são realizadas em sequência pelo *software* de controle dos coletores, aumentando sua taxa de realização. A transferência do item acabado para seu local de armazenamento também é facilitada pela eliminação das diversas telas, podendo ser realizada rapidamente através da leitura da etiqueta de identificação do equipamento e a etiqueta de endereço do local de armazenamento.





**Figura 6.5: Novo processo de fechamento de ordem de produção, com as atividades afetadas pelo código de barras em destaque.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

## 6.6 PRINCIPAIS GANHOS

Ao final da análise do novo processo proposto para a empresa tem-se um grande incremento na capacidade de atendimento da data contratual através da racionalização dos processos existentes e da correção dos desvios identificados.

Os benefícios já são verificados através do novo processo de documentação e da criação da célula de configuração que se encontram implantados e representaram uma redução de mais de 86% no *lead time* de análise de documentação (redução de 22 dias para 3 dias, em média), possibilitando maior agilidade na geração do fluxo de valor ao cliente (WOMACK; JONES, 1996).

Entretanto, os ganhos obtidos a partir da implantação das ações de melhoria propostas no trabalho extrapolam somente a redução do tempo de produção e melhoria no nível de entrega ao cliente dentro da data contratual, abrangendo também os seguintes aspectos:

- **Melhor rastreabilidade dos itens** – a automação das etiquetas de identificação permite oferecer uma ferramenta de identificação mais alinhada com as necessidades da empresa e mais confiável, eliminando os erros de coleta de informação devido ao caráter manual dos registros anteriores e a possibilidade de utilização de etiquetas mais adaptadas com as intempéries atuantes nas áreas de armazenamento externo da planta, fonte de danos ao modelo atual. A soma desses benefícios se traduz em maior segurança à produção dos equipamentos e salvaguarda aos clientes em caso de questionamento sobre o histórico produtivo dos itens;
- **Incremento de qualidade nos processos** – a possibilidade de redesenho dos processos para eliminar a fonte de desvios que atrapalhavam o fluxo de valor ao cliente identificou causas associadas com a geração de não-conformidades e, através de sua resolução, propiciou incremento da qualidade nos novos processos da organização;

## 7 CONCLUSÃO

Ao final do trabalho se percebe que o novo desenho para o processo obtido representa uma mudança radical no modo pelo qual a movimentação de itens e seu controle eram executados anteriormente pela empresa, tendo impacto direto em grande parte das operações realizadas no chão de fábrica, ressaltando a importância do processo para a organização.

Para atender ao objetivo operacional definido pela alta direção da empresa foi necessário identificar qual a melhor abordagem para guiar o processo de revisão dos processos existentes na empresa, sendo escolhido o modelo de Rotondaro (2005). Entretanto, devido a peculiaridades do caso estudado, a inserção de ferramentas originadas do modelo de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) foi particularmente benéfica para atendimento à demanda de redução de tempo de processamento dos equipamentos. Dessa forma, a lógica utilizada no trabalho apresentou variação daquela proposta por Rotondaro (2005), mas manteve-se alinhada com as expectativas da organização.

Entretanto, a abordagem proposta por Rotondaro (2005), ao fornecer um panorama geral aplicável para implantação de gestão por processos em qualquer organização, acaba resultando em um modelo mais conceitual para desenvolvimento de soluções. A escolha pelo modelo *GAP 4* mostrou-se acertada pela abordagem mais aplicada ao ambiente fabril, com foco na avaliação de planos de ação para correção dos desvios identificados e alinhamento com os objetivos operacionais da organização (FRANCISCHINI; FRANCISCHINI, 2007). Uma ressalva deve ser feita ao reduzido número de publicações que tratam do método *GAP 4*, dificultando a comparação com diferentes aplicações disponíveis na literatura.

Devido às características do processo e sua relação com todos os fluxos de materiais existentes na empresa (matérias-primas, *WIP* (*work in process*) ou produtos acabados), o trabalho demandou observação do processo produtivo como um todo, demandando capacidade de análise generalista e visão sistêmica, requisitando também capacidade analítica durante a observação de cada processo mapeado para identificação das causas dos desvios existentes.

Outro ponto benéfico à vivência do autor diz respeito à experiência propiciada pela responsabilidade na condução do grupo de trabalho originado para o desenvolvimento do projeto, em colaboração com outro profissional de TI (responsável pela coordenação dos membros de TI participantes e interface com o restante da equipe de TI da empresa). Para realizar o mapeamento, as análises subsequentes e proposição dos novos fluxos, o autor teve contato com profissionais de todas as áreas da empresa e liderou profissionais com diferentes competências e expectativas com relação ao projeto, além da preparação de relatórios e reuniões de acompanhamento com a direção da empresa e com os times das outras plantas envolvidas nesse projeto global (de automação do controle de inventário).

O respaldo e diálogo estabelecido entre os membros da equipe de projeto e a alta direção contrastam com aquele comumente verificado durante a condução de projetos de melhoria em grandes organizações. Tais projetos são desenvolvidos normalmente em áreas funcionais e envolvem apenas a gerência das áreas envolvidas, contudo devido ao grande impacto na dinâmica das operações e sua priorização como uma das principais iniciativas de melhoria desenvolvidas pela empresa globalmente, tendo sido estabelecido contato com o diretor da planta, o diretor de TI para América Latina e o diretor de TI global para o segmento de Óleo & Gás da empresa.

Infelizmente, devido ao tempo necessário para importação do conjunto de *hardware* definido para o projeto e as alterações de *software* para contemplar as mudanças definidas no projeto não foi possível atingir a etapa de implantação da automação da gestão de inventário da empresa, ficando a conclusão do projeto e atualização dos processos conforme o novo desenho para conclusão em março de 2012.

As iniciativas de melhoria que não dependem desses recursos já foram redefinidas conforme o novo processo, tais como o sistema de *gates* para Análise de Documentação e a criação da Célula de Configuração, já auxiliando na melhoria do desempenho da organização.

A impossibilidade de implantação da totalidade da lógica dos novos processos devido às restrições de prazo inseridas constitui possibilidade de estudos posteriores para verificação dessa implantação, acompanhamento do período de aprendizagem e validação das expectativas de redução existentes nos tempos das atividades. Da mesma forma, a nova tecnologia de controle de inventário disponível representa ferramenta adicional para surgimento de novos projetos de melhoria na empresa.

Apesar da possibilidade de estudo da etapa de implementação dos novos desenhos de processo, treinamento e gestão do processo de automação do controle de inventário, o desenvolvimento de estudos sobre as áreas de manufatura compreende a maior possibilidade de elaboração para trabalhos futuros.

Devido à implantação do controle de inventário ficar muito focada nas transações logísticas existentes na empresa, os fluxos internos a cada área produtiva não foram discutidos no trabalho. A criação de ações nesse sentido conta com um grande número de possibilidades, notadamente as iniciativas de Produção Enxuta, tais como a utilização de técnicas de Setup Rápido (*SMED – Single Minute Exchange of Die*), racionalização do fluxo de movimentação das famílias de produtos, análise do layout existente, *milk run* com fornecedores, dentre outros (WOMACK; JONES, 1996).

A aplicação de ferramentas de Produção Enxuta em uma indústria de equipamentos orientada por projetos (*Make to order – Produção por pedido*) constitui desafio à aplicação desses conceitos devido à ausência de previsão de demanda, estoque de produtos acabados e dificuldade (ou inaplicabilidade) das ferramentas de produção enxuta nesse ambiente, existindo pouca literatura tratando dessa aplicação.

O desenvolvimento deste trabalho constituiu uma rica oportunidade de aplicação dos principais conceitos vistos durante a formação de Engenharia de Produção, tais como as ferramentas de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), Gerenciamento por Processos e as ferramentas de mapeamento BPMN e de qualidade (diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto), além de possibilitar ao autor exercitar as competências de Gestão de Projetos na condução do time de projeto, aprimorando as habilidades de relacionamento interpessoal e de trabalho em equipe.

No tocante a sugestão para trabalhos futuros delineia-se a possibilidade de pesquisa partindo da consolidação dos novos processos definidos neste trabalho e do estudo das oportunidades advindas com a automação do controle de inventário nas atividades de manufatura, não exploradas durante o desenvolvimento deste trabalho, podendo conciliar com as discussões sobre aplicação de ferramentas de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) em um ambiente com modelo de produção orientado a projetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**BAR CODE TYPES.** Disponível em [http://www.gs1.org/barcodes/technical/bar\\_code\\_types](http://www.gs1.org/barcodes/technical/bar_code_types). Acessado em: 31 out. 2011.

**BPMI/OMG. Business Process Modeling Notation (BPMN) Information.** 2006. Disponível em <http://www.bpmn.org>. Acessado em 20 set. 2011.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de Caso na Engenharia de Produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, São Paulo, SP, v. 17, n.1, p. 216-229, Jan-Abr. 2007.

CETINDAMAR, Dilek; PHAAL, Robert & PROBERT. David, **Technology Management: Activities and Tools.** New York: Palgrave Macmillan, 2010.

COOPER, R.G. Stage-gate system: a new tool for managing new products. **Business Horizons**, v. 33, n.3, p. 44-54, 1990.

FRANCISCHINI, P.G.; FRANCISCHINI, A.S.N. Framework to elaborate performance indicators for operational areas. In: **EurOMA 2007 - Managing Operations in an Expanding Europe: proceedings.** Ankara, Turkey: Bilkent University, 2007

HILL, T. Choice of process. In: **Manufacturing strategy: the strategic management of the manufacturing function.** 2 ed., p. 118-119, London: Macmillan, 1993.

LAURINDO, F. J. B.; ROTONDARO, R. G. **Gestão integrada de processos e da tecnologia da informação.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control.** 3 ed. New York: John Wiley, 1996.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAIM, R. et al. **Gestão de Processos: Pensar, Agir e Aprender**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústria e da concorrência**. Tradução Elizabeth Maria de Pinho Braga. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

ROTHER M.; SHOOK J. Aprendendo a enxergar (Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício). São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2003.

ROTONDARO, R. G, Gerenciamento por Processos. In: CARVALHO, M. M. ; PALADINI, E. P. ; (Org.). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 1. ed. Rio de Janeiro : Campus , v. 1 , p. 209 – 236.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. Tradução de Ailton Bomfim Brandão. São Paulo, Atlas: 1997.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. Tradução de Sônia Maria Corrêa. São Paulo, Atlas: 1993.

VALLE, R. e OLIVEIRA, S. B. Análise e modelagem de processos de negócio: Foco na notação BPMN (Business Process Modeling Notation). São Paulo, Atlas: 2009.

VOSS, C. et al. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. West Yorkshire, v. 22, n. 2, p. 195-219, Feb. 2002.

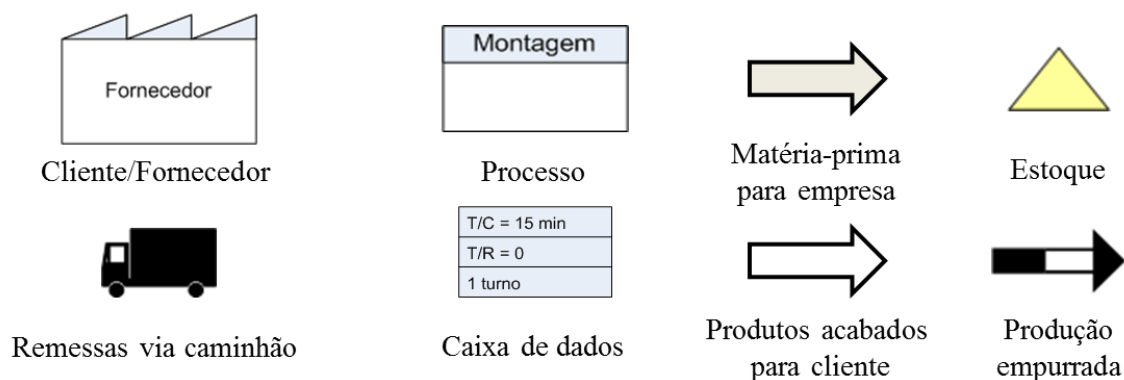
YIN R. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre, Bookman: 2001.

WOMACK, J. P. & JONES, D. T. **Lean Thinking**. New York: Ed. Simon & Schuster, 1996.

## Anexo A Ícones padrão para representação do VSM

Para elaborar a representação do mapeamento de fluxo de valor apresentado na Figura 3.2 foram utilizados os seguintes ícones para representação dos elementos que o constituem:

### Ícones do Fluxo de Material



### Ícone geral

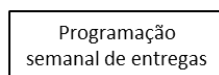


Operador

### Ícones do fluxo de informação



Fluxo de informação eletrônica



Informação

**Figura 7.1: Ícones utilizados na construção do Mapeamento de Fluxo de Valor.**  
**Fonte:** ROTHER M.; SHOOK J. *Aprendendo a enxergar (Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício)*. São Paulo: v. 1.3, 2003.



## Anexo B Exemplo de Folha de Locação de Montagem

<h1>FOLHA DE LOCAÇÃO DE MONTAGEM</h1>						FLM Nº
						Revisão:
						Data:
Conjunto:						
Código do conjunto:				Rev.	Número de Série:	
ITEM	CÓD.	REV.	DESCRIÇÃO	N.S.	MONTADOR	INSPETOR
INSPETOR:				CLIENTE:		
DATA:				DATA:		

## Anexo C O código de *Commodity*

O código de *commodity* apresenta uma série de importantes informações condensadas em um modelo de codificação composto por 6 dígitos alfanuméricos. Ao consultar o código de um item será possível extrair diversas informações associadas à origem do material, ao tipo de manufatura ao qual o item é submetido, o valor de *lead time* de produção e o tipo de material do item.

As informações presentes no código de *commodity* são importantes para servir de subsídio às decisões estratégicas da organização, notadamente para as áreas de Planejamento e Compras. Auxiliando na melhora do processo de tomada de decisões da empresa e possibilitando redução dos custos de aquisição de insumos a partir da identificação mais clara do volume consumido de cada material.

Os campos que constituem esse código e sua relevância são descritos a seguir:

- Produção e origem – o primeiro dígito permite verificar se o item é produzido internamente ou externo a planta, podendo ocorrer ambos os casos (para itens subcontratados) e verificar a procedência da matéria prima (nacional ou importada). Essa informação é vital para estabelecer o *lead time* do item devido aos altos intervalos ocupados pelo deslocamento internacional e tramites alfandegário;
- Família do item – diz respeito a classe de produto no qual o item deve ser alocado (item forjados, matérias primas, sistemas mecânicos e hidráulicos, itens proprietários, dentre outros);
- Tipo de item – compreende as possíveis variações de dimensão e complexidade de execução/compra de todos os itens existentes. Esse campo permite entender as possíveis restrições e cuidados especiais (tratamentos térmicos, usinagens de precisão, etc.) existentes durante seu processo;
- *Lead time* de produção – compreende o tempo total de transformação desde o estágio inicial até o final de um dado componente. Cabe ressaltar que esse valor reflete a produção de cada componente individual, dessa forma para os casos de componentes que são utilizados em outros conjuntos o *lead time* do item

compreende o intervalo entre o início de sua produção e a finalização desse componente intermediário;

- Material – as principais ligas utilizadas na produção da empresa foram divididas em classes para permitir o acompanhamento de seu consumo durante o período de produção;

Tipo de Manufatura e Origem		Família do Produto		Tipo do Item		Lead Time		Material	
Cód.	Descrição	Cód.	Descrição	Cód.	Descrição	Cód.	Dias	Cód.	Descrição
A	Prod. Interna ou externa.	R	Matéria prima	AA	Válvulas	A	1	A	Liga 1
B	Prod. Interna e externa.	M	Usinagem	AB	Atuadores	B	2	B	Liga 2
C	Externa Local	F	Forjados	AC	Protetores	C	5	C	Liga 3
D	Externa Importada	S	Serviços especiais	AD	Sist. Hidráulico	D	10	D	Liga 4
E	Externa importada/local	W	Soldagem	AE	Sist. Elétrico	E	15	E	Liga 5
F	Interna	A	Montagem	AF	Flanges	F	30	F	Liga 6

**Quadro 7.1: Algumas das classes definidas para utilização no código de commodity.**

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

O Quadro 7.1 apresenta algumas das possíveis classificações para cada parcela componente do código de *commodity*. Esse código será composto a partir da junção dessas 5 parcelas em um campo de 6 dígitos, tais como FMAFCD (etapa de usinagem do flange da liga 4, com produção interna e tempo de produção médio de 5 dias).