

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAROLINE MARA POLESCA MUCCIDA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO DE ZINCO DA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SETOR METALÚRGICO**

JUIZ DE FORA

2017

CAROLINE MARA POLESCA MUCCIDA

ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO DE ZINCO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SETOR METALÚRGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Bruno Milanez

JUIZ DE FORA

2017

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO DE ZINCO DA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SETOR
METALÚRGICO**

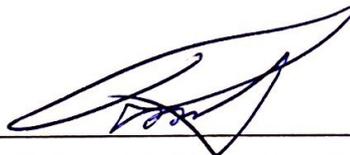
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Engenharia
da Universidade Federal de Juiz de Fora,
como requisito parcial para a obtenção
do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 29 de junho de 2017.

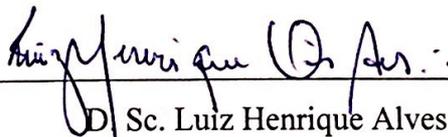
BANCA EXAMINADORA



D. Sc. Bruno Milanez (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora



D. Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora



D. Sc. Luiz Henrique Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Muccida, Caroline Mara Polesca.

Análise da variabilidade no concentrado de zinco da cadeia de suprimentos de uma empresa do setor metalúrgico / Caroline Mara Polesca Muccida. -- 2017.

63 f. : il.

Orientador: Bruno Milanez

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2017.

1. Cadeia de suprimentos. 2. Variabilidade no concentrado de zinco. 3. Planejamento de compra de concentrados. 4. Setor de zinco. 5. Votorantim Metais. I. Milanez, Bruno, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Bruno, meu orientador nesse trabalho, por ter sido tão disponível e solícito ao longo desses dois semestres em que desenvolvi o estudo. A ajuda e presença dele foram fundamentais, realmente sua orientação foi o norte que eu precisava para desenvolver minha ideia inicial. E, todas as suas observações e sua dinâmica na orientação, me ajudaram a chegar nesse resultado final. Não poderia ter tido melhor orientador.

Aos professores Roberto e Luiz, por terem aceitado o convite de ser minha banca de avaliação, e pelas observações na etapa de qualificação, que tanto contribuíram na segunda etapa da escrita do trabalho. Com certeza a avaliação e o conhecimento deles me ajudaram a entender melhor como eu poderia desenvolver o estudo.

Aos empregados da Votorantim, que compartilharam tantas informações e conhecimento comigo, fazendo com que este trabalho se tornasse possível. Em especial ao meu gestor na época que fui estagiária, o Isaac, que permitiu que eu desenvolvesse o trabalho na empresa. Ao Leyrson, que me trouxe as possibilidades de desenvolvimento de um estudo na área. Ao Adriano, Breno, Dayana, Fred e João Carlos, que foram tão solícitos em me explicar determinados processos importantes no estudo e por terem respondido minhas inúmeras perguntas e questionamentos.

Aos meu pais, Francisco e Maria do Carmo, e à minha irmã Olívia, por sempre acreditarem em mim e pelo carinho e apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos, pelo incentivo e amizade, tornando o cansaço mais ameno e as situações difíceis mais leves. Em especial, à Isabelle e Tamara, que compartilharam comigo desse momento de escrita do TCC, discutindo ideias e ajustando formatações. E, também, às meninas da minha casa, Grazi, Lívia e Marina, por terem me apoiado nesses meses em que estive escrevendo o TCC.

Ao Alê, por ter me acompanhado neste trabalho e por todo amor e apoio independente da situação.

RESUMO

Esse trabalho buscou analisar as diferenças entre as compras planejadas e realizadas de uma empresa do setor metalúrgico por meio do entendimento do funcionamento da sua Cadeia de Suprimentos. Dentre as motivações para esse estudo, destacaram-se as diferenças entre os teores dos elementos químicos dos concentrados que chegam na unidade produtiva em relação ao plano anual de compra desses concentrados. Isso mostrou impactos ao longo do processo de produção e no resultado produtivo, tanto do zinco metálico quanto dos seus subprodutos. Para que esse estudo pudesse ser realizado, foi necessário entender como é elaborado o planejamento de compra de concentrados de zinco e como acontece a logística dessa matéria-prima. Além disso, o relacionamento com os fornecedores foi avaliado a fim de buscar potenciais dificuldades na integração empresa/fornecedores. Para a coleta desses dados foram realizadas entrevistas e aplicou-se um roteiro de pesquisa, direcionado às áreas da empresa responsáveis pela elaboração do planejamento de compra de concentrados e por sua logística, a fim de avaliar a variabilidade nos teores dos elementos químicos contidos no concentrado de zinco que chega na unidade produtiva. Assim, foi feita uma análise dos principais desafios encontrados para aproximar o realizado do planejado de compra de concentrado e dos efeitos provocados pela variabilidade no concentrado.

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos, Planejamento, Zinco.

ABSTRACT

This work analyzed the differences between planned and real purchases of an enterprise of metallurgic sector through understanding how yours Supply Chain works. One of the motivations for this study were the differences found between the element's contents in the concentrate whose arrive in the production facilities and the annual purchase plan of these concentrates. It caused impacts along the production process and also in the production results of metal zinc and its sub products. In order to this study could be done, it was necessary to understand how the zinc concentrate purchase planning is elaborated and how its logistic is done. Moreover, the relationship with the suppliers was evaluated in order to find potential difficulties in the integration between company and suppliers. For collecting this data, interviews were done and a research script was applied. They were directed to the areas of the company that are responsible for elaborating the concentrate purchase planning and its logistic. So, the variability in the elements contents of the concentrate whose arrive in the industry facilities could be evaluated. In the end, we could understand the main challenges found to approximate concentrate purchase planned to the accomplished and the effects caused by the variability in the concentrate.

Keywords: Supply Chain, Planning, Zinc.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Cadeia de Suprimentos Integrada.....	20
Figura 2 - Modelo CPFR com atividades dos produtores e comerciantes alinhadas com suas funções colaborativas	26
Figura 3 - Sistema de Planejamento e Controle de Produção	27
Figura 4 - Consumo setorial do zinco no mundo	36
Figura 5 – Produção e Consumo Global de zinco primário	37
Figura 6 - Macroprocesso de produção do zinco metálico.....	42
Figura 7 - Relações entre os componentes da cadeia	44
Figura 8 - Fluxograma Logístico	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proposição de valores da gestão integrada.....	19
Tabela 2 – Exemplo de especificação do concentrado de zinco.....	38
Tabela 3 - Variação dos teores de Zinco e Prata na chegada do Navio X.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APP - AGGREGATE PRODUCTION PLAN

ATO – ASSEMBLY TO ORDER

BOM – BILL OF MATERIALS

CD – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

CNAE – CLASSIFICAÇÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ECONÔMICAS

CRFP - COLLABORATIVE PLANNING, FORECASTING AND REPLENISHMENT

CRM – CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE MINÉRIO

DRP – DISTRIBUTION REQUIREMENT PLANNING

ERP - ENTERPRISE RESOURCE PLANNING

ETO – ENGINEERING TO ORDER

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

ISF - INTEGRADO SILICATO-SULFETO

ISM – INSTITUTE FOR SUPPLY MANAGEMENT

LME – LONDON METAL EXCHANGE

MPS – MASTER PRODUCTION PLAN

MRP - MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING

MRP-II - MATERIAL REQUIREMENT PLANNING II

MTO – MAKE TO ORDER

MTS – MAKE TO STOCK

MZP - ZINCEX MODIFICADO

OL – ÓXIDO DE LATÃO

OW – ÓXIDO WAEZ

OWD – ÓXIDO WAEZ DESALOGENADO

PAE – PÓ DE ACIARIA ELÉTRICO

PCP – PLANEJAMENTO E COTROLE DE PRODUÇÃO

PE – PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

PIB – PRODUTO INTERNO BRUTO

QR – QUICK RESPONSE

RCCP - ROUGH-CUT CAPACITY PLAN

RLE - USTULAÇÃO-LIXIVIAÇÃO-ELETRÓLISE

RRP – RESOURCING REPLENISHMENT PLANNING

SCM/GCS – *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*/ GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

SHG - SPECIAL HIDE GRADE

SKW – STOCK KEEPING UNIT

SRM – SUPPLY RELATIONSHIP MANAGEMENT

TPOP – TIME PHASED ORDER POINT

TQM – TOTAL QUALITY MANAGEMENT

VICS - VOLLUNTARY INTERINDUSTRY COMMERCE STANDARDS
ASSOCIATION

VMH – VOTORANTIM METAIS HOLDING

VMZ – VOTORANTIM METAIS ZINCO

VMZ-JF – VOTORANTIM METAIS ZINCO JUIZ DE FORA

VMZ-TM – VOTORANTIM METAIS ZINCO TRÊ MARIAS

ZPL - FORNO IMPERIAL *SMELTING*

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO.....</u>	<u>12</u>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 ESCOPO DE TRABALHO	13
1.4 OBJETIVOS	14
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	15
1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO	16
<u>2. CADEIA DE SUPRIMENTOS.....</u>	<u>17</u>
2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (GCS).....	20
2.1.1 INTRODUÇÃO À GCS.....	20
2.1.2 FORNECEDORES	22
2.1.3 OPERAÇÕES.....	23
2.1.4 LOGÍSTICA	23
2.1.5 INTEGRAÇÃO.....	24
2.2 INTEGRANDO PLANEJAMENTO E PREVISÃO.....	24
2.3 PLANEJAMENTO DE RECURSOS.....	26
2.4 PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO AGREGADO (APP)	27
2.5 PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO (MPS).....	29
2.6 PLANEJAMENTO DA REQUISIÇÃO DE MATERIAIS (MRP).....	29
2.7 DISTRIBUTION REQUIREMENT PLANNING (DRP).....	30
<u>3. O SETOR DE ZINCO</u>	<u>33</u>
3.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS DO ZINCO	34
3.1.1 MINERAÇÃO E METALURGIA.....	34
3.1.2 DEMANDA DE ZINCO METÁLICO	36
3.2 RECICLAGEM DO ZINCO	37
<u>4. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DO CONCENTRADO DE ZINCO.....</u>	<u>40</u>

4.1	A EMPRESA.....	40
4.2	PRODUÇÃO DO ZINCO METÁLICO	40
4.3	FORNECEDORES DO CONCENTRADO DE ZINCO	43
4.4	CARACTERÍSTICAS DO CONCENTRADO	45
4.5	PLANEJAMENTO DE COMPRA DE CONCENTRADOS	46
4.6	LOGÍSTICA.....	47
5.	<u>ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO</u>	<u>51</u>
5.1	FATORES QUE INFLUENCIAM NAS DIVERGÊNCIAS PLANEJADO/ REALIZADO DE COMPRA DE CONCENTRADOS	51
5.2	EFEITOS DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO	53
6.	<u>CONCLUSÃO</u>	<u>55</u>
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>58</u>

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Lummus (1999) descreve a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GSC) ou *Supply Chain Management* (SCM), de acordo com a definição do Supply Chain Council (1997), dizendo que a Cadeia de Suprimentos engloba todos os esforços envolvidos na produção e no serviço de entrega do produto final, desde os fornecedores até os clientes de uma determinada empresa. São quatro processos base envolvidos na SCM: planejamento, fornecimento, produção e entrega. Dentre os esforços que dão suporte a esses processos, merecem destaque a gestão de fornecimento e demanda, de suprimento de matérias-primas e componentes, de produção, de estoque, da entrada de pedidos e da distribuição.

Monczka and Morgan (1997) defendem que uma gestão integrada da Cadeia de Suprimentos está relacionada em coordenar todos os processos necessários para agregar valor de uma forma horizontal ao cliente. Eles acreditam que as cadeias de suprimentos, e não as empresas, competem e as mais fortes são aquelas que conseguem fornecer gestão e liderança a todos os envolvidos na cadeia. Gestores de Cadeias de Suprimentos usam a tecnologia para obter informações de demanda de mercado e trocar informações entre as organizações. O ponto chave da gestão da Cadeia de Suprimentos é que todo o processo tem que ser visto como um único sistema.

Segundo Wisner et al. (2009), uma das atividades críticas de uma empresa consiste no balanceamento eficiente do planejamento de produção e da capacidade. Isso afeta diretamente o nível de efetividade da gestão de seus recursos transformados na produção de bens e serviços. O desenvolvimento de cronogramas operacionais realistas, o planejamento da capacidade para atender à demanda e a redução de desperdícios na produção são questões complexas que requerem atenção e esforços na busca pela melhoria dos resultados produtivos e do atendimento ao cliente. Nesse contexto, a integração da Cadeia de Suprimentos enfrenta problemas de cumprimento de prazos ou estoque excessivo, que abrange o conceito do efeito chicote, onde uma falha/dificuldade relatada no início da Cadeia gera repercussão ao longo da mesma.

Além dessa problemática, a metodologia utilizada no planejamento de produção pode trazer dificuldades para concretização do plano de produção de uma empresa. O que acontece no caso da empresa do setor metalúrgico analisada nesse trabalho, em que são comuns

divergências no planejado/ realizado de compras da matéria principal utilizada na produção de zinco metálico. A análise da Cadeia de Suprimentos no presente estudo busca entender o relacionamento da empresa com seus fornecedores e como é feita a elaboração do seu plano de produção. Assim, pretende-se avaliar as potenciais causas das diferenças encontradas no planejado/ efetivado de compras de concentrado e quais os possíveis impactos dessas divergências.

1.2 JUSTIFICATIVA

A efetivação de um planejamento de produção é um desafio muito grande na realidade de muitas empresas. O planejamento da capacidade produtiva deve ser baseado na disponibilidade de recursos, tanto materiais quanto financeiros. O seu monitoramento mensal é fundamental, para que as metas de produção sejam cumpridas e o atendimento aos clientes seja bem-sucedido. Numa Cadeia de Suprimentos complexa como a de empresas do setor metalúrgico, o relacionamento e interação entre a empresa e seus fornecedores é crucial para a obtenção de resultados positivos no planejado/realizado produtivo.

Este trabalho permite avaliar quais os motivos que levam às divergências de compra planejada/realizada de concentrados. Esta análise possui aplicação direta na empresa cenário do estudo de caso. O levantamento de resultados permitirá entender o porquê dessas divergências na compra de concentrados acordada inicialmente com os fornecedores e quais os impactos disso no processo de produção e no resultado produtivo e financeiro da empresa. A análise e a discussão apresentadas aqui podem ainda contribuir para a Gestão da Cadeia de Suprimentos em outras companhias do setor.

Além disso, o presente trabalho pode instigar futuros estudos no aperfeiçoamento de técnicas e ferramentas que busquem o alinhamento entre suprimentos e produção. Dessa forma, o realizado poderia alcançar resultados mais precisos baseados no plano produtivo da empresa.

1.3 ESCOPO DE TRABALHO

Neste trabalho, procura-se avaliar quais elementos da Gestão da Cadeia de Suprimentos explicam as diferenças entre compras planejadas e realizadas do concentrado de zinco. O estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor metalúrgico que produz zinco

metálico e seus subprodutos na Unidade de Juiz de Fora – MG. O foco do trabalho foi em duas áreas da empresa, o Planejamento e Controle de Produção (PCP) e a Gerência de Concentrados. Essa última área possui interface com os fornecedores do concentrado, matéria-prima principal na produção de zinco metálico e o foco da cadeia analisada nesse trabalho.

O trabalho buscou entender o relacionamento dos componentes para trás na cadeia, ou seja, do início do processo produtivo até antes da obtenção da matéria-prima. Assim, para coleta de dados um roteiro de entrevista foi aplicado às áreas que participam do processo de negociação da compra de concentrado de zinco, da logística do material até a unidade produtiva do zinco metálico, do planejamento e controle da produção e da aprovação da qualidade da matéria-prima adquirida.

A identificação de divergências ocorreu por meio de uma comparação entre os dados do planejamento de compra de concentrados dos anos de 2015 e 2016 com a chegada de navios desses respectivos anos, que representam a compra efetivada. Para simular essa comparação, dados genéricos foram apresentados no presente trabalho, a fim de retratar o que ocorre no cenário de compra de concentrado da empresa.

O concentrado de zinco possui diferentes elementos com teores que caracterizam a sua qualidade. Esses teores possuem relevância na produção e no resultado financeiro. Para a avaliação desse trabalho, os elementos considerados foram o Zinco e a Prata, analisando os processos que trabalham esses materiais, bem como os impactos produtivos e financeiros provocados pelas divergências nos seus teores no concentrado.

1.4 OBJETIVOS

O trabalho tem o objetivo principal de avaliar as diferenças entre o planejado/efetivado da compra de concentrados. Como consequência das diferenças na qualidade do concentrado, o desempenho dos processos produtivos pode ser afetado, bem como a capacidade de produção e os resultados financeiros.

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- Contextualizar o setor de zinco no Brasil e no mundo;
- Apresentar o posicionamento da empresa analisada nesse setor, bem como seu relacionamento na Cadeia de Suprimentos em que está envolvida.

- Estabelecer a sistemática de planejamento de compra de concentrados e planejamento de produção.
- Levantar os efeitos da variabilidade no concentrado.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo pode ser assim classificada:

- Natureza: aplicada. Conceitos teóricos serão contextualizados buscando o entendimento de um problema existente.
- Objetivo: exploratório. O estudo objetiva encontrar as causas de um problema enfrentado por uma empresa por meio do levantamento de resultados a partir da coleta de dados históricos.
- Abordagem e método: será realizada uma abordagem combinada. Sendo qualitativa, por meio de pesquisa e coleta de dados na empresa e, quantitativa, por meio da análise de dados de planejamento e compra de matéria-prima.

A realização do estudo foi iniciada com a Revisão bibliográfica, onde artigos, livros, sites e comunicação pessoal foram utilizados como fontes, indicadas pelo orientador, para a escrita e desenvolvimento do trabalho. A Coleta de dados foi feita por meio da observação participante no tempo de estágio da autora na área de PCP/Logística da VMZ-JF e de entrevista semiestruturada aplicada a oito empregados nas instalações da empresa, direcionada principalmente ao planejamento da compra de concentrados e planejamento de produção. Buscando entender o relacionamento entre os componentes da Cadeia de Suprimentos estudada e a definição padronizada dos teores dos elementos químicos contidos no concentrado de zinco. Além disso, a identificação de divergências no concentrado ocorreu por meio da comparação entre os dados do planejamento de compra de concentrados dos anos de 2015 e 2016 com a chegada de navios desses respectivos anos, que representam a compra efetivada. Na Análise de resultados, após a definição da metodologia, foram avaliados os dados históricos coletados a fim de encontrar as causas da variabilidade no concentrado. Assim, houve um levantamento dos efeitos e das consequências dessas divergências na qualidade do concentrado.

1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO

O trabalho foi dividido em 6 capítulos:

- Capítulo 1: Faz uma introdução breve sobre o tema do trabalho por meio da apresentação do problema enfrentado pela empresa, apresentando a justificativa do trabalho, escopo, objetivos, cronograma e a metodologia utilizada no estudo.
- Capítulo 2: Esta parte contém uma revisão bibliográfica sobre Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) - *Supply Chain Management (SCM)*, Planejamento de Recursos, Planejamento de Produção Agregado (APP), Plano Mestre de Produção (MPS) e Planejamento da Requisição de Materiais (MRP)
- Capítulo 3: Este capítulo aborda o contexto mundial e nacional do setor de zinco, bem como sua cadeia de suprimentos. A mineração e metalurgia do zinco são descritas, discutindo-se sobre sua demanda e reciclagem.
- Capítulo 4: Inicia com a contextualização da empresa onde o trabalho foi desenvolvido. Esse capítulo explicita a sistemática de relacionamento da empresa com seus fornecedores e o alinhamento do seu planejamento de produção na Gestão da Cadeia de Suprimentos. A partir dos dados coletados, referente à compra de concentrados, foi estabelecida uma comparação planejado/efetivado da compra realizada no período analisado.
- Capítulo 5: Essa parte foi dedicada à análise dos resultados da comparação estabelecida no capítulo anterior. Essa análise levantou as causas das divergências na qualidade do concentrado planejado e do que realmente chega à unidade. Além disso, foram elencados os possíveis efeitos dessa variabilidade no concentrado.
- Capítulo 6: Conclusão do trabalho.

2. CADEIA DE SUPRIMENTOS

De acordo com Bowersox (2014), a Cadeia de Suprimentos consiste em uma rede colaborativa de empresas que tem o objetivo de impulsionar o posicionamento estratégico por meio da melhoria em eficiência operacional. Para cada empresa envolvida, o relacionamento na Cadeia de Suprimentos reflete em um arranjo organizacional de canais e de negócios baseados na dependência e na colaboração. As operações da Cadeia de Suprimentos exigem processos gerenciais que promovam a conexão entre fornecedores, parceiros comerciais e clientes através das fronteiras organizacionais.

Ao longo dos anos várias definições para Cadeia de Suprimentos vêm sendo estabelecidas. Segundo o *APICS dictionary*, Lummus (1999) descreve a Cadeia de Suprimentos como os processos que iniciam na aquisição da matéria-prima até o consumo final do produto acabado, estabelecendo uma ligação entre fornecedores e clientes. Além disso, relaciona as funções dentro e fora da empresa como facilitadoras no desenvolvimento de bens e serviços por meio de uma cadeia de valor.

Segundo Bowersox (2014), o conceito de Cadeia de Suprimentos também implica na eficácia de relações comerciais, que serve para melhorar a eficiência ao eliminar o trabalho duplicado e improdutivo. Ballou (2007) relata que antes dos anos 1950, os programas e cursos educativos ainda não eram focados na logística e distribuição. Eles eram relacionados principalmente com atividades individuais como transporte e compra. Assim, não era possível observar uma grande preocupação das empresas em integrar e balancear as atividades, mais tarde conhecidas como atividades logísticas. Assim, não havia muita oportunidade para os gestores aprenderem de forma mais abrangente os conceitos de logística.

Dessa forma, para entender em que constitui a evolução dessa cadeia nos últimos anos é necessária uma revisão da prática tradicional dos canais de distribuição. Nesse contexto, a fim de superar os desafios do comércio, as empresas desenvolveram relacionamentos comerciais com outras empresas de bens e serviços a fim de obter os benefícios da especialização na produção. Nesse sentido, as empresas começaram a planejar estrategicamente a competência essencial, a especialização e a economia de escala. A partir dessa relação de dependência entre as empresas, desenvolveu-se o conceito de canais de distribuição ou de marketing. (BOWERSOX, 2014).

A iniciativa da Cadeia de Suprimentos tem seu início traçado na indústria têxtil com o programa de resposta rápida (*Quick Response – QR*) e mais tarde com a eficiência de resposta

ao cliente na indústria alimentícia. Em 1985, um estudo foi conduzido para analisar a cadeia de suprimentos no segmento têxtil. Os resultados mostraram que o tempo de entrega, desde a chegada e processamento da matéria-prima até a entrega final do produto acabado ao consumidor, era de 66 semanas. Sendo que 40 semanas eram referentes ao tempo de estoque em processo. Isso trazia muitos custos com inventário e provocava, devido à demora, a falta de produto acabado no tempo e local corretos. Esse estudo trouxe o desenvolvimento da estratégia de *quick response*. O QR é uma parceria onde fornecedores e comerciantes trabalham juntos para responder o mais rápido possível às necessidades dos consumidores através do compartilhamento de informação. (LUMMUS, 1999)

Em 1992, um grupo de indústrias líderes no ramo alimentício criou a força-tarefa da indústria, chamada de equipe de trabalho da resposta eficiente ao consumidor (*Efficient Consumer Response – ECR*) ou equipe ECR. Ela foi cobrada para analisar a Cadeia de Suprimentos de uma empresa alimentícia, a fim de identificar oportunidades de tornar sua cadeia mais competitiva. Os resultados desse estudo realizado pela equipe mostraram que pequenos investimentos em tecnologia eram necessários para melhorar significativamente a performance da Cadeia de Suprimentos. Além, da adoção de práticas melhores do que aquelas que vinham sendo usadas. Como, por exemplo, priorização do fluxo rápido e preciso da informação, por meio do qual a ERC permitia que distribuidores e fornecedores antecipassem a demanda futura de forma mais apurada e confiável do que os sistemas atuais permitiam na época. (LUMMUS, 1999)

Inicialmente, a organização de canais era orientada baseando-se nos papéis específicos desempenhados ao longo do processo de distribuição. Com o passar do tempo foram sendo identificadas necessidades de liderança, de comprometimento com a cooperação entre todos os participantes dos canais e de metodologias para solução de conflitos. Durante a última década do século XX, iniciou-se uma enorme mudança estratégica e estrutural dos canais. Assim, Bowersox (2014) mostra que as estruturas tradicionais de canal de distribuição passaram a pensar mais na integração e na colaboração. Para introduzir o modelo generalizado da cadeia de suprimentos, ele fala da importância em compreender porque a integração gera valor.

Nesse contexto, Bowersox (2014) destaca três perspectivas de valor na visão do cliente. A perspectiva de valor tradicional é o valor econômico, onde a fonte de eficiência está na percepção do cliente de uma alta qualidade adquirida por um preço baixo. A segunda perspectiva de valor é a do valor de mercado, em que a eficácia é alcançada por meio de uma

variedade de produtos fornecidos no momento e no lugar certos. Além disso, o sucesso dos negócios também depende de uma terceira perspectiva de valor, conhecida como relevância. Esta última perspectiva envolve uma personalização de serviços de valor agregado, que se encontram disponíveis quando o cliente necessita a um preço acessível no mercado. O arranjo formado pelo valor econômico, valor de mercado e valor de relevância demanda uma associação dos processos gerais e é uma proposta de valores da gestão integrada, como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Proposição de valores da gestão integrada

Valor econômico	Valor de mercado	Valor de relevância
<ul style="list-style-type: none"> - Menor custo total - Eficiência de economia de escala - Criação de bens/ serviços 	<ul style="list-style-type: none"> - Variedade atraente - Eficácia de economia de escopo - Apresentação de bens/serviços 	<ul style="list-style-type: none"> - Customização - Diversidade segmental - Posicionamento de bens/serviços
Estratégia de Suprimento/ Manufatura	Estratégia de Mercado/ Distribuição	Estratégia da Cadeia de Suprimentos

Fonte: Bowersox (2014)

O modelo geral de uma Cadeia de Suprimentos integrada pode ser ilustrado por um esquema de relações entre empresas que formam uma unidade competitiva coordenada. A Figura 1 retrata um modelo generalizado adaptado de disciplinas de gestão de cadeia de suprimentos da *Michigan State University*.

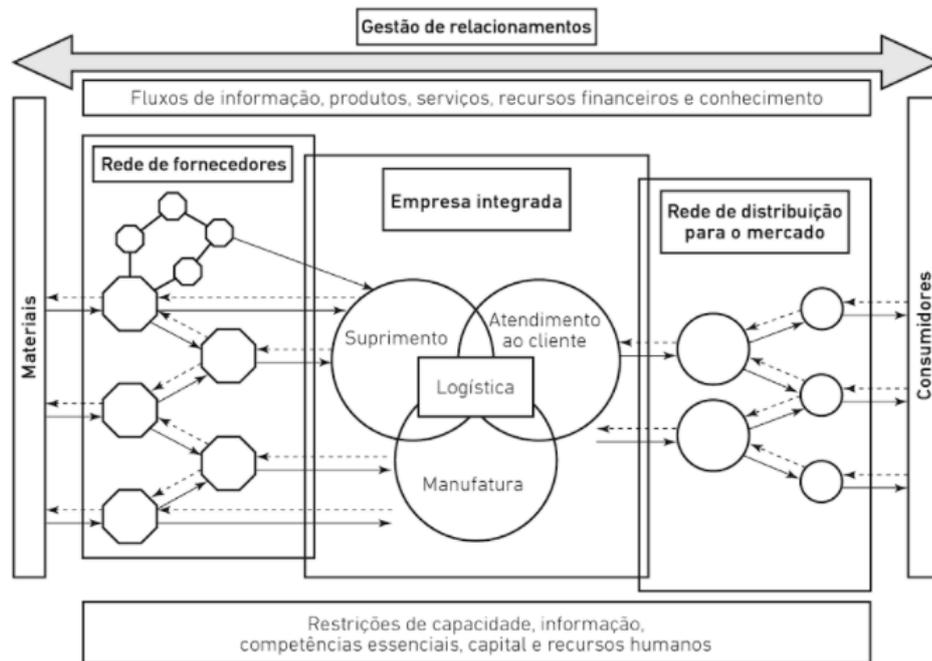


Figura 1 - Estrutura da Cadeia de Suprimentos Integrada
Fonte: Bowersox (2014)

Essa estrutura da Figura 1 mostra o funcionamento de uma rede colaborativa de empresas dentro de uma estrutura de fluxos e restrições de recursos. Nesse contexto, a composição e a estratégia da cadeia são resultados do alinhamento operacional de uma empresa com os seus clientes, distribuidores e fornecedores visando alcançar vantagem competitiva. As relações entre as empresas da cadeia são orientadas pelo fluxo de informação, de produto, de serviço, financeiro e de conhecimento. O condutor principal de bens e serviços na cadeia é a logística, e cada empresa envolvida no arranjo dessa cadeia possui uma parcela de responsabilidade no funcionamento da logística. A relação entre a Tabela 1 e a Figura 1 mostra a necessidade de alinhamento do processo de geração de valor ao longo da cadeia, desde a compra de matéria-prima até a entrega do produto final ao cliente.

2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (GCS)

2.1.1 INTRODUÇÃO À GCS

De acordo com Wisner et al. (2009), o *Institute for Supply Management (ISM)* descreveria a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) ou *Supply Chain Management (SCM)* como: “O design e gestão integrada que busca a geração de valor através das fronteiras organizacionais a fim de se adequar às necessidades reais dos clientes”. Mediante essa e

outras definições, Wisner et al. (2009) descrevem a Gestão da Cadeia de Suprimentos como a coordenação e a integração das atividades relacionadas à concepção de bens e serviços, a fim de melhorar a qualidade das operações e o serviço de atendimento aos clientes através da colaboração organizacional.

De acordo com Lambert et al. (1998), os oito sub processos chaves para SCM são:

- (1) Gestão do Relacionamento com os Clientes (Customer Relationship Management - CRM)
- (2) Gestão do Serviço ao Cliente (Customer Service Management – CSM)
- (3) Gestão da Demanda
- (4) Cumprimento dos pedidos
- (5) Gerenciamento do fluxo de produção
- (6) Gestão do Relacionamento com os Fornecedores (Supply Relationship Management – SRM)
- (7) Desenvolvimento e comercialização do produto
- (8) Gerenciamento de devoluções

Segundo Ballou (2007), esses processos precisam ser coordenados através da gestão do relacionamento desde os fornecedores até os clientes finais que compõem a Cadeia de Suprimentos. A SCM promove a coordenação, integração, crescimento do relacionamento e colaboração entre as empresas. Lumus (1999) relata a importância competitiva em relacionar a estratégia da cadeia de suprimentos de uma empresa com sua estratégia de negócio, a fim de obter sucesso na SCM. Além disso, ele mostra na evolução da cadeia de suprimentos o estabelecimento de estratégias relacionadas a parcerias entre fornecedores e comerciantes, que definem diretrizes para uma SCM.

Para que a gestão de uma cadeia de suprimentos seja bem-sucedida, as empresas inseridas no arranjo dessa cadeia devem trabalhar em um ambiente de cooperação. Tal ambiente seria caracterizado pelo compartilhamento das informações sobre previsão de demanda, plano de produção, novas estratégias de marketing, vendas e operação, novos produtos, desenvolvimento de serviços, *lead time* de entrega do produto final e qualquer outro ponto de impacto na compra de matéria-prima, produção e distribuição. (WISNER et al., 2009)

O principal foco na SCM é o posicionamento organizacional no intuito de beneficiar todos os participantes da cadeia. Assim, a gestão se torna eficaz à medida em que a cadeia se estrutura em altos níveis de confiança, cooperação e precisão nos canais de comunicação.

Gerentes de vendas, produção e operações logísticas não devem obter somente o conhecimento necessário das suas áreas, mas também devem entender como funcionam as interações das suas funções com as demais ao longo da cadeia (WISNER et al., 2009).

Para dar ênfase na importância da gestão de uma Cadeia de Suprimentos, Wisner et al. (2009) afirmam que, através dessa abordagem, as empresas enfrentam seus problemas econômicos e encontram benefícios por meio de maiores esforços voltados na gestão dessa rede. Eles defendem a ideia de que esses esforços podem até ser pequenos inicialmente, mas a tendência é o crescimento ao longo do tempo incluindo novas empresas participantes, bem como importantes fornecedores, clientes e serviços de logística.

Nesse contexto, Wisner et al. (2009) abordam quatro elementos base, que envolvem os sub-processos definidos previamente por Lambert et al. (1998), para a gestão de uma Cadeia de Suprimentos: fornecedores, operação, logística e integração. Em relação aos fornecedores, destacam a importância da aliança, da Gestão do Relacionamento com os Fornecedores, da terceirização global e da sustentabilidade. Nas operações, explicitam a gestão de demanda e de estoque, Sistemas *Lean* e Seis Sigma. A logística envolve a Gestão do Relacionamento com os Clientes, serviço de resposta logística e cadeia de suprimentos global. Enquanto a integração diz respeito à gestão de risco, à avaliação de desempenho, às barreiras para integração e ao *Green Supply Chain*.

2.1.2 FORNECEDORES

Em relação ao fornecimento de matéria-prima, uma questão importante é a gestão dos fornecedores, que diz respeito ao suporte e ao apoio dados às empresas responsáveis pelo fornecimento de *inputs* nos processos de produção. Os fornecedores devem estar preparados para trabalharem no ambiente proposto, então é necessária uma avaliação de sua capacidade e performance. Uma das formas de comprovação de qualidade e atendimento com eficiência dos fornecedores é a exigência de certificação. Programas de certificação podem ser tanto definidos e administrados por uma determinada organização, quanto podem ser um padrão reconhecido mundialmente, como a ISO Série 9000 e suas variações. Além de avaliações e certificações, outros fatores importantes na gestão desses fornecedores são as parcerias estratégicas e a escolha por fornecedores sustentáveis, que adotam práticas de valorização ética e social (WISNER et al., 2009).

2.1.3 OPERAÇÕES

A partir do momento em que materiais, componentes e outros insumos são entregues à empresa contratante, vários processos operacionais internos têm início ao longo da linha de produção. Esses processos envolvem o planejamento e o controle da produção, que têm a finalidade de garantir que a quantidade certa demandada para determinado período seja produzida e que as especificações do produto sejam atendidas. Para redução dos custos de estoque, as empresas costumam empregar estratégias e sistemas de previsão de demanda, com o objetivo de aproximar a demanda da capacidade disponível. Para isso também há tentativas de melhorar o tempo de produção, restringir a demanda, desenvolver sistemas de pedidos pendentes/atrasados e aumentar capacidade. Para o controle de estoque são utilizados software, como o *Material Requirements Planning* (MRP), que conecta a empresa aos outros parceiros da cadeia de suprimentos por meio de sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP).

Uma forma de gestão desse estoque é o uso da metodologia *Lean Manufacturing* que se baseia na redução de desperdícios com a entrega do produto final atendendo às expectativas de qualidade do produto. As empresas que adotam a teoria de *Lean* nos seus processos produtivos, geralmente possuem qualidade Seis Sigma ou aplicam estratégias de Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* - TQM). O objetivo de aplicação das ferramentas que integram essas metodologias é garantir o compromisso com a qualidade desde o fornecimento até o processamento e demais atividades operacionais envolvidas na concepção do produto final (WISNER et al., 2009).

2.1.4 LOGÍSTICA

A fim de prover o nível de atendimento ao cliente esperado, as empresas vêm desenvolvendo estratégias de Gestão do Relacionamento com o Consumidor (*Customer Relationship Management* - CRM). Assim, as organizações buscam atender às datas de entrega combinadas com o cliente, tratam de forma eficaz as reclamações que recebem e priorizam a eficiência dos canais de comunicação com o cliente. A estruturação de uma rede de distribuição é o que vai assegurar a entrega do produto ao seu destino final. Nesse contexto, observa-se o *trade off* entre o custo de projetar uma rede de distribuição e o serviço oferecido ao cliente. Dependendo do cenário, é mais interessante que a empresa possua uma maior quantidade de locais de armazenamento distribuídos para atender à demanda de várias

localidades. Nessa situação, provavelmente o custo com o transporte é bem mais elevado do que o custo de manutenção desses centros de distribuição.

As empresas devem entender as vantagens e os riscos de se trabalhar em uma proporção global. Dentre algumas vantagens estão o extenso mercado de produtos, o ganho em economia de escala na compra e produção, mão-de-obra desvalorizada, alta qualidade de fornecedores e geração de ideias para novos produtos. Alguns riscos podem ser levantados como as variações nas taxas de câmbio que afetam a produção e os preços de compra e estocagem, as intervenções governamentais e instabilidade política que causam problemas de segurança e desligamentos da cadeia e as falhas de detecção das necessidades do cliente do mercado externo (WISNER et al., 2009).

2.1.5 INTEGRAÇÃO

Numa cadeia de suprimentos, a integração dos processos ocorre quando os membros da rede trabalham juntos na tomada de decisão de todas as atividades envolvidas nos lucros globais da rede: compra, inventário, produção, qualidade e logística. Um grande impacto dessa integração, é a interdependência entre os membros da cadeia, que ficam vulneráveis à perda de eficiência caso algum dos elos da rede obtenha performance abaixo do esperado.

Para reduzir o risco de fracasso e maximizar o lucro total da cadeia de suprimentos, as empresas têm buscado ações para otimizar a quantidade de matéria-prima comprada, determinando a disponibilidade de produtos acabados com um nível alto de serviço baseado na produção com lead-time reduzido e no uso da tecnologia de informação (WISNER et al., 2009).

2.2 INTEGRANDO PLANEJAMENTO E PREVISÃO

Chopra e Meindl (2007) defendem a ideia de que uma empresa deve ligar sua previsão (*forecasting*) a todas as atividades de planejamento na SCM. Isso inclui seu planejamento de capacidade, de produção e de suprimentos. Essa ligação entre atividades e previsão deve existir tanto nos sistemas de informação da cadeia quanto no seu nível de recursos humanos. O processo de previsão de demanda é extremamente importante nesse contexto, já que uma grande variedade de funções é afetada pelo planejamento de produção. Em um cenário de falta dessa integração, por exemplo, um vendedor desenvolve uma previsão de vendas

baseada em atividades promocionais, enquanto o fabricante, sem saber dessas promoções, desenvolve uma previsão diferente para o seu plano de produção, que se baseia em uma base histórica de pedidos. Essa situação leva a uma incompatibilidade entre fornecimento e demanda, resultando em um atendimento ineficiente ao cliente.

Uma medida eficaz adotada para alcançar essa integração entre planejamento e *forecasting*, é a criação de uma equipe multifuncional com membros de cada função afetada pela previsão de demanda, mesmo que essas partes sejam de empresas diferentes dentro da cadeia de suprimentos. Dessa forma, qualquer mudança de cenário é facilmente comunicada ao respectivo precedente na cadeia. Como alterações do planejamento de produção podem não acompanhar a disponibilidade dos fornecedores, essa integração permite uma previsão compartilhada entre suprimentos e produção.

De acordo com o Voluntary Interindustry Commerce Standards Association (VICS, 2004), o Planejamento, *Forecasting* e Ressuprimento Colaborativos (*Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment - CPFR*) é um arranjo de processos em que os componentes de uma cadeia de suprimentos podem usar para cooperação entre funções do fornecedor e fabricante em busca de uma eficiência global na SCM. O objetivo da CPFR é otimizar a Cadeia de Suprimentos por meio do aperfeiçoamento na previsão de demanda, entregando o produto no tempo e locais estabelecidos pelo cliente, reduzindo estoque ao longo da cadeia, evitando esgotamento e melhorando o atendimento ao cliente. O verdadeiro valor da CPFR é gerado muito mais pelo compartilhamento de informação da previsão do que pelo uso de algoritmos sofisticados para aperfeiçoamento de previsões.

No atual modelo CPFR pelo VICS, o cliente é o centro da rede colaborativa, sendo oito tarefas a serem seguidas: acordo de colaboração, plano de negócios conjunto, previsão de vendas, planejamento de pedidos, geração de pedido, cumprimento de pedido, gerenciamento da exceção e avaliação de desempenho. A adoção desse modelo enfrenta inúmeros desafios e, segundo Wisner et al. (2009), uma das principais dificuldades para a disseminação do uso dessa teoria seria a mudança na forma como os fornecedores e os produtores trabalham juntos. As empresas precisam se certificar de que seus sistemas de tecnologia da informação, suas estruturas organizacionais, seus processos e seu histórico de dados internos são favoráveis à implementação do CPFR (WISNER et al., 2009).

A abordagem do CPFR, representada na Figura 2, inclui benefícios como: fortalecer relações de parceria, promover análise de vendas e previsão de pedidos; utilizar promoções, atividade sazonal e oportunidade de introdução de um novo produto no mercado; gerir a

demanda e eliminar problemas antes que eles ocorram; utilizar conjuntamente o planejamento e a gestão de promoções; e o estabelecimento de atividades logísticas, de planejamento e *forecasting* integrados. (WISNER et al., 2009)

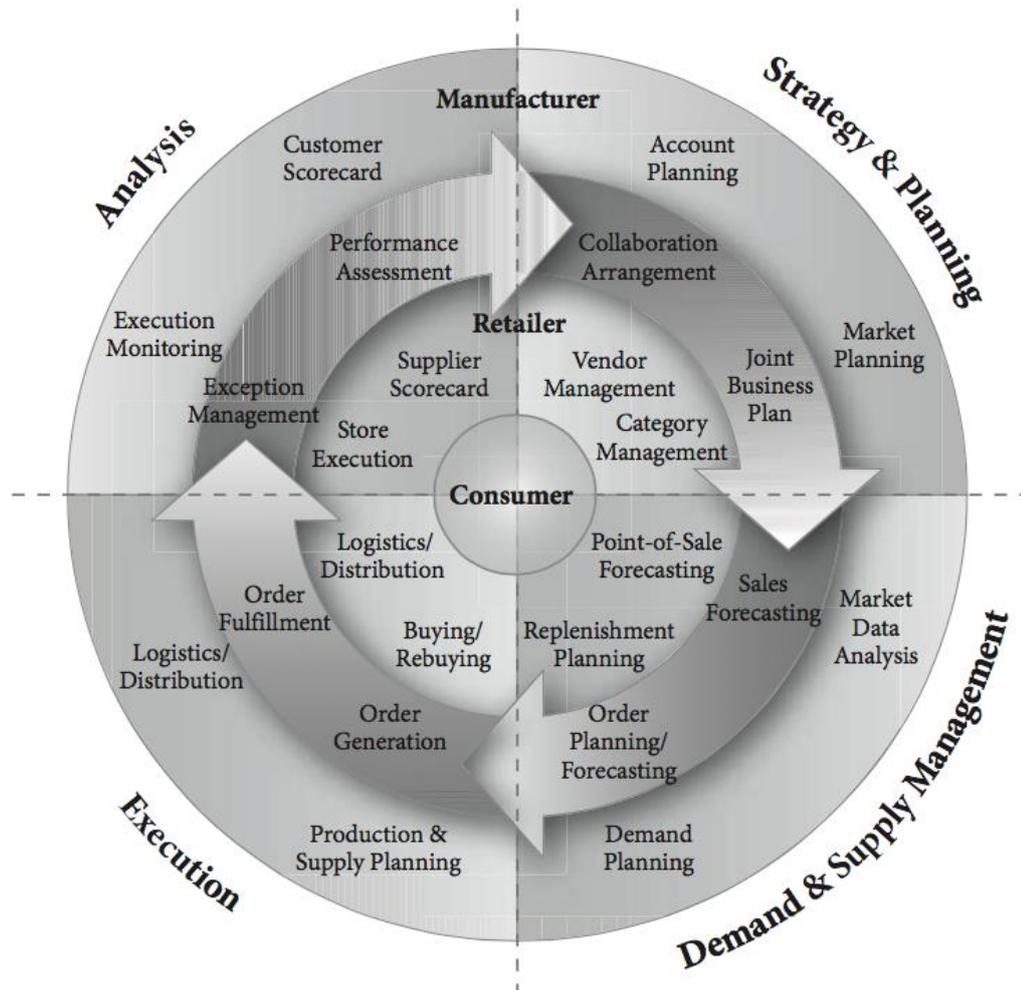


Figura 2 - Modelo CPFR com atividades dos produtores e comerciantes alinhadas com suas funções colaborativas

Fonte: Wisner et al. (2009)

2.3 PLANEJAMENTO DE RECURSOS

Para Wisner et al. (2009), o planejamento de recursos pode ser dividido em três horizontes de tempo: longo, médio e curto alcance. O Planejamento de Produção Agregado (*Aggregate Production Plan – APP*), representa um planejamento a longo alcance e define a taxa agregada da entrada de insumos na produção, quantidade de mão de obra, o nível de utilização dos processos e o estoque necessário para atendimento ao cliente. O Plano Mestre de Produção (*Master Production Plan – MPS*) trata do médio prazo, e é mais detalhado do que o Plano Agregado. O MPS estabelece a quantidade e o tempo de processamento dos produtos

finais. Enquanto o Planejamento da Requisição de Materiais (*Material Requirement Planning* – MRP), trata do curto prazo de alcance do planejamento de materiais, que envolve o processo detalhado do planejamento de cada componente do produto com a finalidade de dar suporte ao Plano Mestre de Produção.

A evolução do MRP, em um formato de integração do planejamento de materiais com o Plano Mestre de Produção foi chamado nos anos 1980 de sistema MRP-II. Mas Wisner et al. (2009) abordam a mudança desse sistema para Planejamento de Recursos da Empresa (*Enterprise Resource Planning* – ERP) nos anos 1990. A figura 3 retrata esses horizontes de planejamento relacionados com o plano de capacidade e materiais:

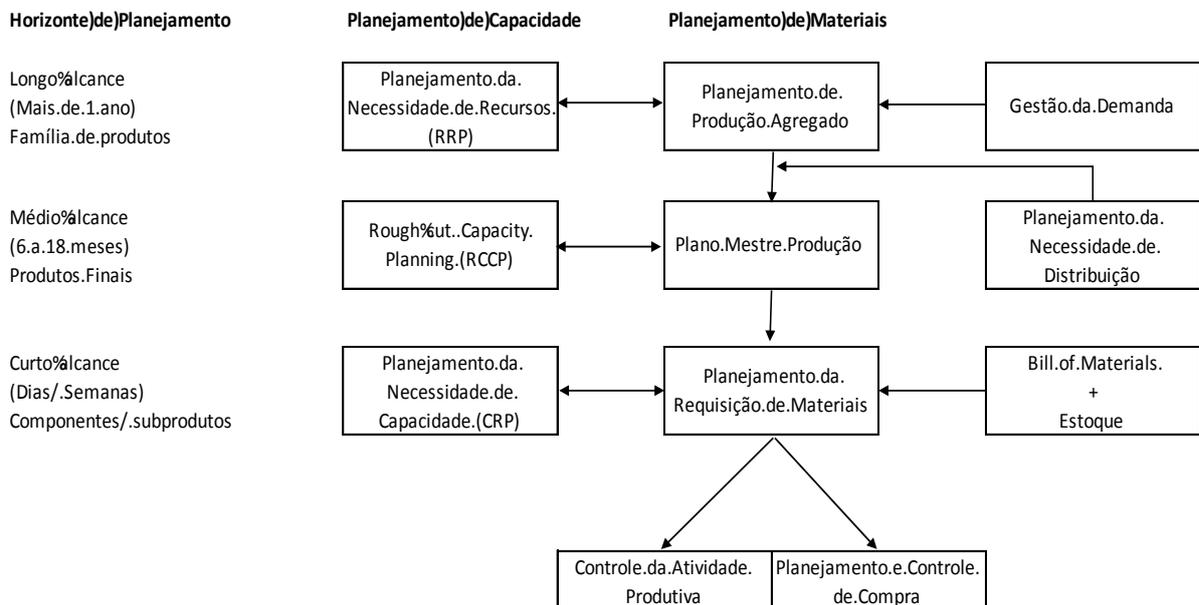


Figura 3 - Sistema de Planejamento e Controle de Produção

Fonte: Wisner et al (2009)

2.4 PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO AGREGADO (APP)

Para Wisner et al. (2009), o APP é um processo de planejamento que interpreta o plano de negócios anual e a previsão de demanda ao longo de um Plano de Produção de todos os produtos. Como ilustrado na figura, a previsão de demanda fornece os *inputs* necessários para o estabelecimento do APP, por meio do conhecimento da previsão de demanda futura, estabelecimento da carteira de pedidos e do estoque de segurança. O APP é definido com base em família de produtos, que consiste em um conjunto de diferentes produtos que

compartilham de características/componentes semelhantes. Sua função é desagregar a informação proveniente do *forecasting*, permitindo o fornecimento dos produtos finais correspondentes ao planejamento de vendas do período analisado. Os custos envolvidos nas decisões do APP são custos de estoque, *setup* (troca de máquinas), operação, contratação, subcontratação, treinamento e hora extra.

Wisner et al (2009) ainda falam da estratégia de produção como o ajuste da capacidade à demanda. Dessa forma, cada ambiente de produção definirá qual será a abordagem dessa estratégia. Para caracterizar esses ambientes, Pires (1995) propôs quatro classificações de sistemas produtivos:

- Produção para estoque (*Make to Stock* - MTS)

Baseado em previsões de demanda, esse sistema produz de forma padronizada atendendo aos pedidos de acordo com o estoque de produtos acabados. Assim, o grau de contato com o cliente nesse ambiente de produção é muito baixo, já que não se faz necessário pela ausência de customização. Dentre as principais vantagens do MTS, pode-se destacar a rapidez na entrega. No entanto, observa-se um elevado custo de estocagem, já que a produção se baseia em previsões de demanda que possuem incertezas associadas às suas medidas.

- Produção sob encomenda (*Make to order* - MTO)

A produção acontece de acordo com uma carteira de pedidos. O grau de contato com o cliente é maior do que no MTS, pois o projeto de desenvolvimento do produto pode conter o envolvimento do cliente, associando este produto a um determinado nível de customização. Essa interação com o cliente termina no momento em que o pedido é recebido pelo fabricante.

- Montagem sob encomenda (*Assembly to order* - ATO)

Nesse ambiente de produção, os componentes/ subprodutos estão armazenados e são utilizados após o recebimento do pedido do cliente. O prazo de entrega não é tão curto se comparado ao modelo MTS de produção, mas as variações de demanda são mais controláveis através de um dimensionamento da capacidade e de um monitoramento do estoque de subprodutos.

- Engenharia sob encomenda (*Engineer to order* - ETO)

Esse sistema é caracterizado pelo elevado grau de contato com o cliente, devido à customização dos seus produtos. A produção ocorre quase que integralmente em contato com o cliente, para garantir o atendimento às suas especificações.

2.5 PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO (MPS)

A definição do MPS para Wisner et al. (2009) consiste numa desagregação detalhada do plano agregado, numerando exatamente os componentes que serão produzidos em um determinado período. Seu horizonte de planejamento é mais curto se comparado ao APP, mas tem que ser mais longo que o *lead time* (tempo de produção) para assegurar a concepção do produto final dentro do horizonte de planejamento.

O MPS também fornece informação acerca da aceitação ou não de novos pedidos em determinados períodos. Isto é um ponto muito importante quando os clientes esperam pela entrega de certos produtos em um intervalo de tempo pré-definido. Esta informação é a promessa de estar disponível (*available to promise* - ATP). O ATP pode ser obtido pela diferença entre o pedido confirmado e a quantidade que a empresa pretende produzir, com base no MPS. É uma ferramenta que facilita na negociação de novos pedidos e estabelecimento de prazos de entrega para os clientes. Além disso, o ATP permite uma rápida resposta frente às mudanças na quantidade de demanda.

Outra ferramenta utilizada no desenvolvimento do MPS é a Lista de Materiais (*Bill of Materials* – BOM) que, segundo Womack e Jones (2003), consiste em uma lista que contém todas as partes necessárias na produção de uma manufatura. Geralmente, todo departamento possui sua lista de espera de pedidos e o pedido acompanha a ordem definida pelo BOM. O pedido é encaminhado juntamente ao BOM do departamento de programação da produção para as operações produtivas, sendo trabalhado dentro do MPS.

2.6 PLANEJAMENTO DA REQUISIÇÃO DE MATERIAIS (MRP)

Para WISNER et al. (2009), o MRP consiste no planejamento de produção e sistema de controle de estoque baseado em software usado para computar demanda dependente e o tempo requisitado. A demanda dependente se trata da demanda interna pelos componentes, tomando como base a demanda independente do produto final. Com o desenvolvimento da tecnologia de informação, o MRP passou a incluir o Planejamento Agregado de Produção

(APP), o Plano Mestre de Produção (MPS) e o Planejamento da Necessidade de Capacidade (CRP). O MRP-II representa a evolução do MRP, já que inclui outros aspectos do planejamento de recursos e materiais. Tal sistema consiste em alguns módulos que permitem à empresa reservar pedidos, definir um cronograma de produção, controlar estoque, gerenciar a distribuição e analisar o desempenho contábil e financeiro.

O MRP é usado para definição das quantidades exatas e das datas de entrega de cada item e para o lançamento de pedidos dos componentes e subprodutos necessários na produção dos itens finais listados no MPS. O processo de computação do MRP inicia pela obtenção dos recursos necessários na concepção do produto final por meio do MPS, calculando primeiramente a quantidade necessária de recursos do nível 1 dos componentes e depois diminuindo até o seu nível mais baixo¹, levando em consideração o estoque disponível desses recursos e o *lead time* de processamento de cada etapa.

Wisner et al. (2009) relacionam a capacidade ao trabalho da empresa e os recursos das máquinas, sendo definida como a quantidade máxima de resultados que uma organização é capaz de alcançar durante um determinado período de tempo. No nível de agregação, o Planejamento da Necessidade de Recursos (RRP) é usado para conferir se os recursos agregados são capazes de atender ao Plano Agregado de Produção (APP). Logo em seguida, a informação da produção agregada sofre uma desagregação em um plano de médio-alcance mais detalhado, o MPS. Esse Planejamento da Capacidade (*Rough-cut Capacity Plan - RCCP*) é usado para verificar a viabilidade do MPS. Já no curto alcance, o Planejamento da Necessidade da Capacidade (CRP) é a técnica de planejamento da capacidade usada para verificação da viabilidade do MRP.

2.7 DISTRIBUTION REQUIREMENT PLANNING (DRP)

O Planejamento das Necessidades de Distribuição (*Distribution Requirement Planning - DRP*) é um sistema de planejamento para gestão de estoque em uma rede de distribuição. Pode ser considerado uma extensão do MRP, sendo utilizado para o planejamento dos principais recursos em um sistema de distribuição. De acordo com Vollmann et al. (2011), o DRP promove a base para integração da informação de estoque da cadeia de suprimentos e

¹ Nível 1 – Componentes finais na produção

Níveis mais baixos – Componentes iniciais no fluxo produtivo

das atividades de distribuição com o sistema de Planejamento e Controle de Produção (PCP).
DRP estabelece muitas funções importantes, como:

- a) Gestão do fluxo de materiais entre empresas, estoques e centros de distribuição.
- b) Suporte em gerenciar o fluxo de materiais, assim como o auxílio desenvolvido pelo MRP na produção.
- c) Alinhamento de empresas na cadeia de suprimentos pelo registro de planejamento que contém informação de demanda dos locais de destino dos materiais para os pontos de suprimento e vice-versa.

Segundo Hill (2012), o DRP pode usar o *time phased order point (TPOP)*. Essa abordagem consiste no planejamento de pedidos baseado no nível dos depósitos dos centros de distribuição (CDs). Esses pedidos são expedidos pela lógica do sistema MRP para se tornarem requisitos iniciais na fonte de suprimentos, permitindo a transação de plano de estoque para fluxo de materiais. No caso de uma rede de distribuição com inúmeros níveis, esse processo de expedição continua pelos vários níveis de estocagem regional, estocagem mestre e estoque da fábrica e, finalmente, se torna um insumo para o plano mestre de produção.

De acordo com Martin (1992), o DRP pode ser considerado um sistema que determina as necessidades de cada CD, garantindo que as fontes de fornecimento serão potencializadas para o atingimento da demanda. Assim, o DRP possui três fases bem distintas. Na primeira, pode-se destacar os seguintes dados e parâmetros recebidos pelo sistema:

- Previsão de vendas por *stock keeping unit (SKU)* por cada CD;
- Pedidos para entregas atuais e futuras;
- Estoque disponível para venda por CD e por SKU;
- Pedidos de compra e de produção pendentes;
- *Lead time* de logística, produção e vendas;
- Modais de transporte;
- Frequência de entrega;
- Política de estoque de segurança por SKU e por CD.

Na segunda fase, quando os dados de entrada já foram coletados, o DRP gera o modelo *time phased order point (TPOP)* de requerimento dos recursos necessários atendendo à estratégia logística. Esse modelo traz informações como: qual o produto necessário, a quantidade desse produto, quando e onde ele deve ser entregue; a capacidade de transporte necessária por modal por CD; investimentos em estoque necessários no CD e no total; nível

de estoque que traz a necessidade de produção/ compra do produto por sua fonte de fornecimento.

A terceira e última fase compara a necessidade de recursos com o que está sendo oferecido pelas fontes de fornecimento atuais e do futuro. Dessa forma, o DRP recomendará quais ações relacionadas à produção/ compras devem ser tomadas, alinhando oferta à demanda.

3. O SETOR DE ZINCO

O setor metalúrgico está classificado como Indústria de Transformação pelo sistema de Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ele é dividido em cinco subsetores: produção de ferro-gusa e de ferroligas; siderurgia; produção de tubos de aço, exceto sem costura; metalurgia dos metais não ferrosos e fundição. No cenário econômico brasileiro, o setor apresenta uma importância significativa, com uma cadeia produtiva ampla dos segmentos ligados à metalurgia, usinagem e manufaturas metálicas. Além de representar o grupo de fornecedores da matéria-prima para o setor automobilístico, construção civil e indústria de bens de capital (NOGUEIRA, 2005)

No grupo dos metais não-ferrosos, encontra-se o setor de zinco. O metal zinco é caracterizado pela facilidade de oxidação, maleabilidade, fácil moldagem e trabalho mecânico. Devido à sua facilidade de combinação com outros metais, é comum sua utilização na produção de ligas, como latões e bronze além das ligas Zamac (Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre). As ligas Zamac são utilizadas em eletrodomésticos, indústria automobilística e de material bélico (DOS SANTOS, 2010).

De acordo com Dos Santos (2010), o metal é encontrado na natureza principalmente sob a forma de sulfeto associado ao chumbo, prata e ferro. Dependendo da sua fonte mineral, o zinco pode ser classificado como: zinco primário, correspondente de 80 a 85% da produção mundial atual, tendo o processo eletrolítico como principal processo produtivo; e zinco secundário, obtido a partir das sucatas e resíduos. Dentro do grupo dos metais não-ferrosos, seu consumo mundial só é superado pelo de alumínio e cobre.

Segundo Nogueira (2005), o consumo *per capita* desses metais não-ferrosos representa um indicador de desenvolvimento econômico de um país. Em países mais industrializados, os níveis de consumo tendem a estabilizar em diferentes faixas a partir de determinado patamar de PIB *per capita*. Dos Santos (2010) relata que o consumo médio de zinco é 6,0 kg/habitante/ano na Europa e 4,0 kg/habitante/ano nos Estados Unidos. Esse índice é significativamente menor no Brasil, que possui um consumo de 1,35 kg/habitante/ano.

3.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS DO ZINCO

3.1.1 MINERAÇÃO E METALURGIA

O início da produção do zinco se dá na extração mineral que pode ser realizada tanto a céu aberto quanto em jazidas subterrâneas. A produção nacional de zinco vem de três minas localizadas em Minas Gerais e Mato Grosso. Nas minas de Vazante e Morro Agudo, em Minas Gerais, é produzido concentrado de zinco pela Votorantim Metais Zinco S/A. Neste parque produtivo, a mina de Vazante tem capacidade em torno de 3.500.000 t/ano, sendo classificada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) como de grande porte G2, e Morro Agudo tem capacidade de 1.200.000 t/ano, sendo considerada porte médio M1. Enquanto a Prometalica Mineração Ltda., no Mato Grosso, é responsável pela extração e beneficiamento de minério sulfetado de zinco em sua jazida de Monte Cristo na Mina de Santa Helena, que é classificada como pequeno porte pelo DNPM e esteve desativada no último trimestre de 2008 (DOS SANTOS, 2010).

Após a extração, os minerais são triturados e submetidos à flotação para obtenção do mineral concentrado. Os concentrados de zinco com altos teores de ferro são tratados via seca, onde ocorre a calcinação do concentrado para oxidar o sulfeto em óxido. Esse óxido é reduzido pela adição de carbono, resultando no metal zinco. Já pelo tratamento via úmida, após a calcinação para obtenção do óxido, ocorre o processo de lixiviação com ácido sulfúrico diluído. Nesse processo ocorre a separação de componentes variados, como o sulfato de zinco, que é submetido a um processo de eletrólise com ânodo de chumbo e cátodo de alumínio, onde ocorre a deposição do zinco. Assim, é realizada a fusão e posterior lingotamento do zinco que estará disponível para venda (DOS SANTOS, 2010).

No processamento industrial, cada atividade ou material associado à metalurgia possui suas particularidades. Esse fato justifica a existência de um elevado número de empresas atuantes no setor, que são subdivididas nos cinco subsetores acima citados. No Brasil, a metalurgia dos produtos de zinco (zinco SHG – *Special Hide Grade* – em lingotes, liga de zinco GA, liga de zinco Zamac, óxido de zinco e pó de zinco) é responsabilidade da Votorantim Metais Zinco. Sendo que todo concentrado de zinco produzido nas minas é destinado às empresas do Grupo Votorantim. No entanto, essa produção de concentrado de zinco não é suficiente para suprir a demanda do setor do país. Assim se faz necessária a sua importação. Segundo consulta na Aliceweb (MDIC, 2016), a importação de concentrado de zinco realizada no ano de 2016 foi de 216.020 toneladas. Num período de 30 anos, analisando

até 2010, a produção de minério de zinco passou de 25.500 t/ano para uma produção de 194.000 t/ano. Essa taxa de crescimento é consequência da aceleração da atividade econômica no país, principalmente na indústria siderúrgica nacional, principal consumidor setorial do zinco (DOS SANTOS, 2010).

As principais tecnologias que existem para produção de zinco são definidas pelos seguintes processos: “Ustulação-lixiviação-eletrólise” (RLE), “Forno imperial *smelting*” (ISF), “Lixiviação sob pressão” (ZPL), “Zincex modificado” (MZP) e “Integrado silicato-sulfeto” (ISF). Esse último processo é uma modificação do RLE e é utilizado com exclusividade pela Votorantim Metais Zinco da unidade de Três Marias. Mais de 85% das empresas no mundo empregam o processo de RLE, que compreende inicialmente a ustulação do concentrado sulfetado de zinco, posterior lixiviação neutra e remoção das impurezas que se dá em duas etapas. Por fim ocorre a eletrorecuperação do metal, chamada de eletrólise, obtendo um material com elevado grau de pureza. A sequência do processo hidrometalúrgico RLE, também conhecido como processo eletrolítico, envolve cinco etapas principais (DOS SANTOS, 2009):

- Ustulação: consiste na conversão do concentrado do sulfeto de zinco em um concentrado de óxido de zinco.
- Lixiviação neutra: o óxido de zinco pode ser lixiviado com solução fraca de ácido sulfúrico, também chamada de lixiviação neutra, que é realizada por tanques com agitação. Os sólidos obtidos nesse processo (ferritas de zinco e licor) são separados por espessadores ou filtros. Sendo que o licor é levado para a etapa de purificação.
- Purificação do licor: nessa etapa ocorre a remoção do ferro formando um precipitado cristalino com boa filtrabilidade e as impurezas são removidas, como As, Ge e Sb.
- Purificação 2 (cementação de impurezas): através da reação de cementação com pó de zinco é possível a remoção de uma série de metais mais nobres do que o zinco metálico.
- Eletrólise: a solução obtida a partir das etapas de purificação alimenta as cubas eletrolíticas, carregadas com anodos chumbo-prata intercaladas por catodos de alumínio, onde é depositado o zinco eletrolítico.

Uma das maiores necessidades do processo de RLE é a disponibilidade suficiente de energia a um preço relativamente mais baixo, já que sua demanda representa a maior parte (aproximadamente 90%) da energia total que a planta de uma indústria de zinco consome no

seu funcionamento. As duas unidades metalúrgicas da Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora e Três Marias, empregam o processo eletrolítico de RLE para a produção do metal. (DOS SANTOS, 2009)

3.1.2 DEMANDA DE ZINCO METÁLICO

Sobre o destino dos produtos da metalurgia de zinco, o seu uso mais elevado acontece na galvanização de aços estruturais, folhas, chapas, tubos e fios, ou na proteção catódica de aço e/ou ferro. A demanda no uso final do zinco para a galvanização é que a apresenta maior taxa de crescimento em relação aos outros setores. Atividades de galvanização foram responsáveis por 50% do consumo mundial do metal e 55% do consumo no Brasil em 2007. Aços galvanizados atendem aos setores automobilístico, e construção civil, de utensílios domésticos e comerciais, dentre outros. Além da galvanização no setor automobilístico, químicos e compostos de zinco são utilizados na produção de pneus e produtos de borracha. O consumo mundial de zinco possui a seguinte configuração de distribuição por segmentos de uso do zinco (DOS SANTOS, 2010):

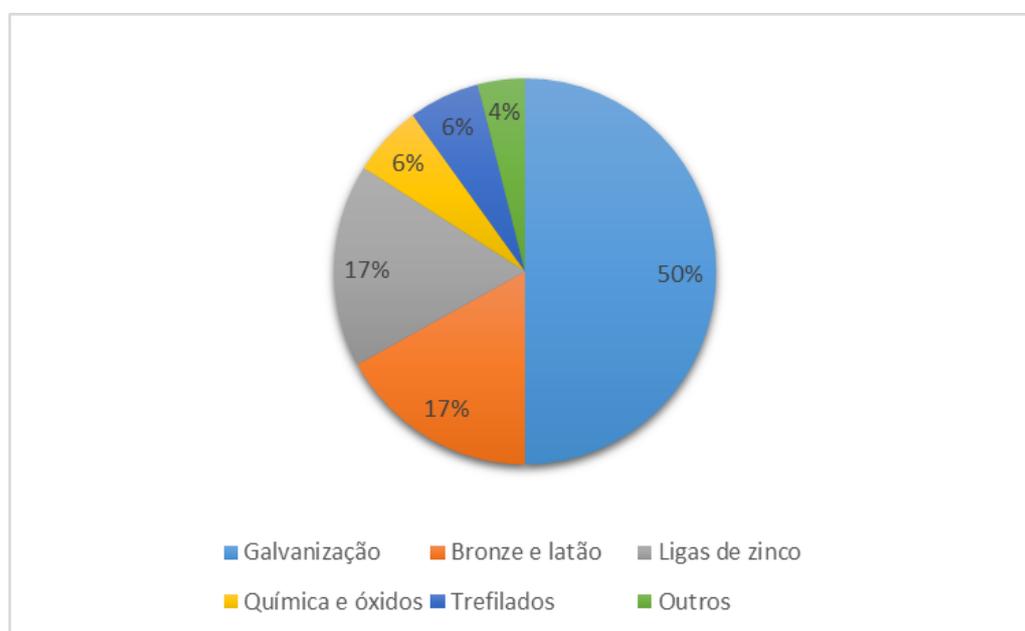


Figura 4 - Consumo setorial do zinco no mundo
Fonte: ILZSG (2010)

Acessórios elétricos utilizam os latões e bronze, enquanto os laminados são aplicados na fabricação de pilhas e baterias. Os óxidos de zinco (ZnO), principais compostos do metal, são

utilizados na fabricação de tintas e nas indústrias cerâmicas e de borracha. Enquanto a indústria têxtil tem como insumo o sulfato de zinco. Além da aplicação industrial, subprodutos da produção de zinco possuem desempenho importante na pecuária, no desenvolvimento de animais, e na agricultura, como no caso do sulfato de cobre, que é usado como suplemento nutritivo para os solos de plantações (DOS SANTOS, 2010).

Em relação ao consumo global de zinco, de acordo com a Paolla Maciel (2017), a China é caracterizada como o maior país consumidor do metal, correspondente a quase 48% do consumo do zinco metálico no mundo. Além de ser o maior consumidor, a China também é o maior produtor do metal detendo 44% da produção mundial do metal. Dessa forma, Dos Santos (2010) conclui que há uma enorme dependência mundial na situação econômica deste país. Na China, o zinco tem sua utilização mais acentuada na indústria siderúrgica e em processos de galvanização. A demanda chinesa por aço galvanizado é consequência do aumento de atividades na indústria da construção civil e de manufaturas, devido ao processo de urbanização do país.

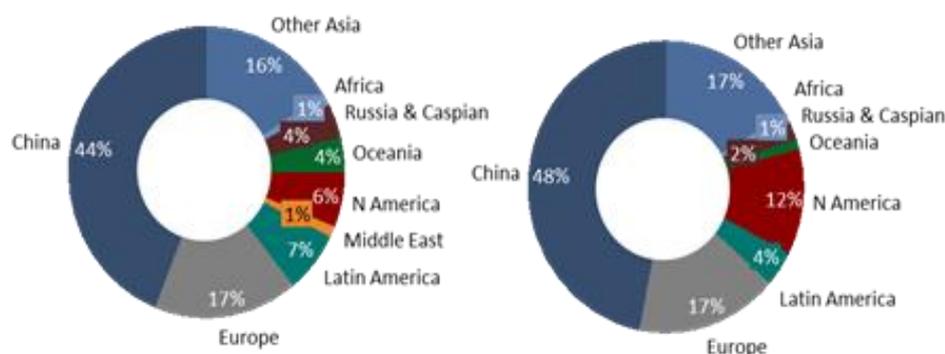


Figura 5 – Produção e Consumo Global de zinco primário

Fonte: Maciel (2017)

3.2 RECICLAGEM DO ZINCO

Com o aumento do consumo em nível mundial, os investimentos na produção mineral brasileira aumentaram. Esses investimentos foram destinados em grande maioria a pesquisas com o intuito de aumentar as reservas de minério. Nos Estados Unidos, aproximadamente dois terços do zinco metálico produzido vêm de minérios, enquanto o restante é proveniente do reaproveitamento de sucata. A utilização do zinco é o método mais eficiente em termos de custos e meio ambiente na proteção de aço contra sua deterioração. Além de poupar recursos

naturais (energia e minério de ferro), auxiliando no prolongamento da vida útil dos materiais que utilizam do revestimento de zinco para proteção (VASQUES, 2009).

De acordo com Dos Santos (2010), em relação aos aspectos ambientais, o zinco é um material que pode ser reciclado sem perda das suas propriedades físicas e químicas. Mais de 30% da oferta mundial de zinco vem da reciclagem desse material. Ele permite a reciclagem durante o seu processamento, com a utilização de rebarbas de aço galvanizado ou mesmo dos lingotes produzidos, resíduos da fundição (como a cinza gerada nesse processo produtivo), sucatas de usinagem de latão e reciclagem de aço. O reaproveitamento pode ser proveniente da reciclagem do produto acabado descartado após o uso, como pneus, aparelhos domésticos, peças de automóveis, telhados, etc. Para esse último caso, é perceptível uma vida útil prolongada dos materiais que contém o metal zinco em sua composição. Assim, o retorno do metal desde o seu uso no produto acabado até a sua reutilização na produção de um novo material pode demorar mais de um século. A tabela abaixo retrata esse ciclo de vida dos produtos de zinco:

Tabela 2 – Ciclo de vida dos produtos de zinco

Produtos	Usos	Ciclos de vida
Chapas de zinco	Telhados	>100 anos
	Revestimentos	>200 anos
Produtos de latão	Diversos	>10 anos
Peças unitárias	Veículos, aparelhos, ferragens	10 a 15 anos
Revestimentos galvanizados	Veículos, telhados e revestimentos de edifícios	10 a 15 anos
Produtos diversos	Instalações industriais, rodoviárias e usinas elétricas	>25 anos
Produtos químicos e compostos	Pneus, produtos de borracha	1 a 5 anos

Fonte: ILZC (2010)

Quanto aos resíduos sólidos, as siderúrgicas são responsáveis pela geração de escória, pó, carepa e lama em inúmeras etapas do seu processo produtivo, desde a redução do minério de ferro até a conformação mecânica do aço. Centros de pesquisa e universidades investiram em estudos para o conhecimento e desenvolvimento de formas de reaproveitamento desses

resíduos, devido a sua grande geração, dificuldades para deposição e pressão de órgãos ambientais. O Pó de Aciaria Elétrica (PAE) é um resíduo gerado durante a produção de aço. O PAE é classificado, de acordo com a norma NBR 10.004, como resíduo sólido perigoso – classe I. Como a geração diária de PAE em uma siderúrgica é muito elevada, se faz necessário o estudo de alternativas para reciclagem desse PAE ao invés de criar depósitos para o seu armazenamento (VASQUES, 2009).

A recuperação do zinco metálico através de pilhas zinco-carbono e alcalinas de manganês vem se tornando uma situação real e comum no Brasil. Isso se tornou possível a partir de diversas pesquisas realizadas acerca da reciclagem desse metal. A necessidade de buscar essa alternativa de recuperação do zinco é resultado da demanda crescente desse metal no país. Considerando o conteúdo médio de zinco nas pilhas de 20% do seu peso, seria possível obter aproximadamente 126 toneladas de zinco, atualmente encaminhados para os aterros do país a cada ano, o que representaria um meio de preservação das nossas reservas naturais (VASQUES, 2009).

O nível de importância do zinco na indústria e agropecuária é muito alto. O seu consumo é comparado proporcionalmente ao índice de desenvolvimento econômico de um país como relatou Nogueira (2005). Apesar da produção nacional ser alta devido às fontes do minério existentes no país, ela é insuficiente para a produção metálica de zinco. Assim, segundo Dos Santos (2010), o Brasil possui uma demanda considerável na importação de concentrado de zinco. A reciclagem do material vem sendo incentivada, devido ao aumento do consumo em nível mundial. Essa elevação do consumo pode ser justificada, segundo Vasques (2009), pelo uso do zinco ser o método mais eficiente em termos de custos e meio ambiente na proteção de aço contra sua deterioração.

4. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DO CONCENTRADO DE ZINCO

4.1 A EMPRESA

A Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora (VMZ-JF), localizada na Rodovia BR 267 - Km 119, Igrejinha - Juiz de Fora, pertence ao Grupo Votorantim que está presente em 23 países e possui um portfólio diversificado em termos geográficos e de negócios, com operações em setores estratégicos da economia – cimento, metais e mineração, siderurgia, energia, celulose, suco de laranja e financeiro. (VOTORANTIM, 2017)

A Votorantim Metais é uma das cinco maiores produtoras mundiais de zinco, maior fabricante de níquel eletrolítico da América Latina e líder brasileira na produção de alumínio primário. A Votorantim Metais Zinco é empresa líder na produção de zinco metálico na América Latina e um dos maiores produtores mundiais do metal e seus derivados, contando atualmente com dez unidades e uma capacidade produtiva de 730 mil toneladas por ano. Busca a autossuficiência em concentrado de zinco e auto geração de energia evitando o desabastecimento de clientes. (VOTORANTIM METAIS, 2016)

A unidade da Votorantim de Juiz de Fora é uma das produtoras de zinco metálico do Grupo Votorantim. O sistema produtivo da unidade pode ser caracterizado como *Make to stock* (MTS), já que sua produção é para estocagem. Os produtos são vendidos para o mercado interno e externo na forma de lingotes de zinco altamente puro (Zinco SHG) e ligas de zinco contendo alumínio, magnésio e cobre (Zamac). Como produtos secundários são ainda produzidos concentrado de prata, dióxido de enxofre, ácido sulfúrico e sulfato de cobre. (VOTORANTIM METAIS, 2016)

4.2 PRODUÇÃO DO ZINCO METÁLICO

O concentrado sulfetado de zinco é a principal matéria-prima utilizada na produção de zinco metálico. A etapa inicial é a Ustulação que, como já mencionado anteriormente, consiste na conversão do concentrado sulfetado de zinco em um concentrado de óxido de zinco, o Ustulado. Na Votorantim Metais de Juiz de Fora, a Ustulação é responsável pelo processamento de outras duas matérias-primas além do concentrado de zinco, o Óxido de Latão (OL) e o Óxido Waelz Desalogenado (OWD). Esse último é obtido pela reciclagem na própria planta de pó de aciaria elétrico (PAE) e pilhas. O processamento desses materiais

ocorre no Forno Waelz, produzindo o Óxido Waelz (OW) que sofre um processo posterior de desalogenação, para retirada do flúor e cloro. Obtendo assim o OWD.

Os gases obtidos na Ustulação são transformados em ácido sulfúrico e dióxido de enxofre líquido, dois dos subprodutos da produção de zinco. Enquanto, o Ustulado produzido, é enviado para Lixiviação que produz uma solução de cobre e um resíduo de chumbo/prata que são processados nas plantas de recuperação de cobre e prata, respectivamente. Assim obtém-se mais alguns subprodutos, o sulfato de cobre e o concentrado de prata. A solução de zinco produzida na etapa de lixiviação é encaminhada para a metalurgia. nessa etapa o zinco sofre o processo de eletrólise, formando as folhas catódicas que seguem para a fundição, onde serão transformadas em ligas (Zamac 3, Zamac 5 e Zamac 8), Zinco SHG, Grânulos de Zinco e Cinzas.

Na Figura 6 abaixo, segue o macroprocesso de produção da Votorantim Metais de Juiz de Fora:

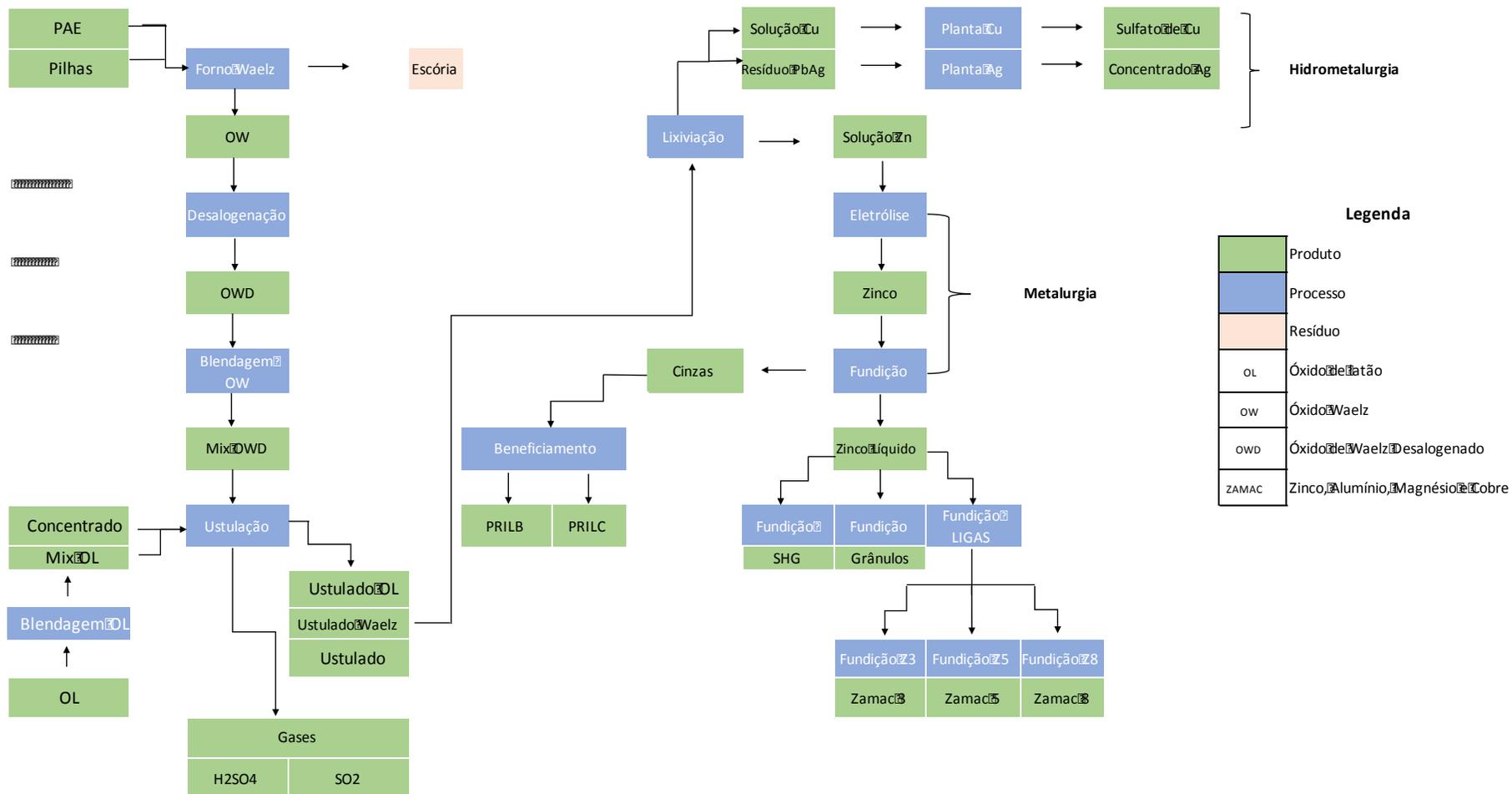


Figura 6 - Macroprocesso de produção do zinco metálico

Fonte: A autora

4.3 FORNECEDORES DO CONCENTRADO DE ZINCO

A cadeia de suprimentos analisada nesse trabalho foi aquela que contém o concentrado de zinco como matéria prima. Assim, a cadeia se inicia na extração do minério de zinco e seu posterior beneficiamento para obtenção do concentrado sulfetado de zinco. Isso ocorre em diversas minas localizadas no Peru, que pertencem às empresas fornecedoras do concentrado de zinco para a VMZ-JF.

O fornecimento de concentrado de zinco para a unidade de Juiz de Fora é proveniente de 25 a 50 minas do Peru. Sendo que a VMZ-JF compra a maior parte desse concentrado de empresas como a Milpo, Volcan e Pan American e também de *traders* (Glencore, Trafigura, Louis Dreyfus, Ocean Partners, MK trading etc). As *traders* são empresas revendedoras que intermediam a comercialização entre fornecedores e *smelters* (unidades produtivas do zinco metálico). Dentre essas *traders*, a Glencore e a Trafigura são as maiores e mais importantes.

A Milpo é a principal fornecedora de zinco da VMZ, responsável pelo fornecimento de três qualidades (Tipo A, Tipo B e Tipo C, por exemplo). A qualidade é definida pela composição química do concentrado do minério de zinco. A preferência pela Milpo se deve ao fato dela oferecer as melhores qualidades de concentrado e por ser uma companhia da Votorantim Metais Holding (VMH). A mineração Volcan é a segunda maior fornecedora do concentrado, atrás somente da Milpo. Como a Volcan não faz parte da VMH, é uma empresa independente, por isso chamada de mineração própria.²

Atualmente, 95% do material vem da Milpo (3 minas), Volcan (3 minas), Trafigura, Glencore e Pan American (2 minas). Porém pode haver contratos com outras minas próprias e outras *traders*. A definição de quais minas fornecerão o concentrado depende de três fatores:

- a) Teores dos elementos químicos contidos no concentrado;
- b) Condições contratuais;
- c) Restrições de alimentação da planta.

Assim, a VMZ-JF escolhe a qualidade do concentrado que cada *Trader* ou Fornecedor tem a oferecer. Nesse contexto, a Coordenação de Concentrados da Votorantim Metais Zinco, situada no Cooperativo da empresa em São Paulo, é o departamento responsável por fazer a

² Informações obtidas por entrevistas com Silva D, Castanheira e Silva L no primeiro semestre de 2017.

conexão entre as minas e a Unidade de Juiz de Fora. Dessa forma, ela deve garantir que a compra de concentrados seja realizada e a matéria-prima atinja o seu destino final. O transporte do concentrado é responsabilidade da Gerência de Logística Internacional e Exportação, que possui essa interface logística com a Coordenação de Concentrados. O esquema da Figura 7 abaixo ilustra essas relações:

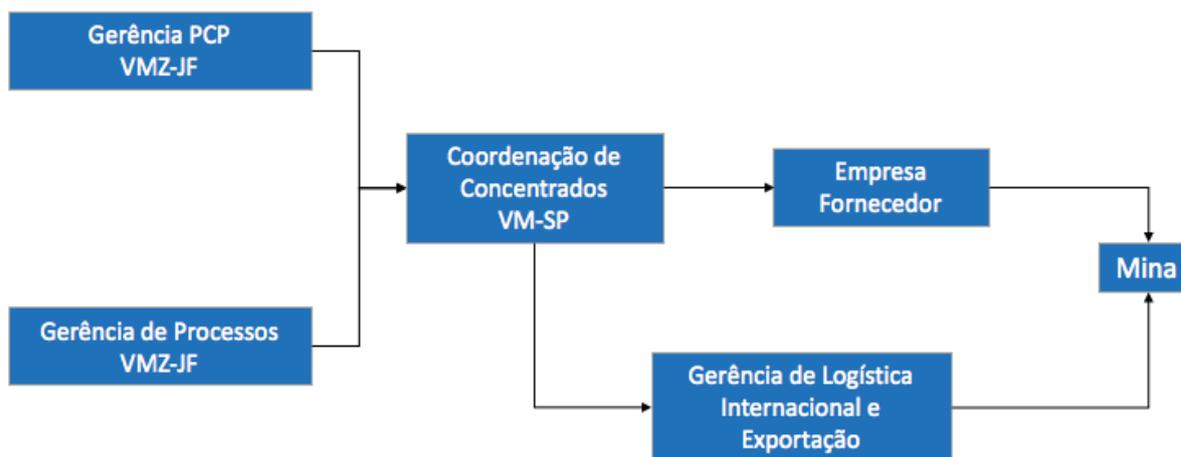


Figura 7 - Relações entre os componentes da cadeia

Fonte: A autora

No fluxograma da Figura 7, as relações entre os departamentos ocorrem da seguinte forma:

A Gerência de PCP envia um plano de produção para a área de Concentrados a fim de obter um retorno do que o mercado disponibiliza em relação às qualidades de minério. A Coordenação de Concentrados busca com seus fornecedores a quantidade necessária, bem como a composição química do concentrado, para atendimento das necessidades da unidade. A compilação destes dados é enviada à Gerência de Processos para aprovação e atualização desse plano de produção.

Após o recebimento das quantidades e teores, o plano é aprovado e a área de Concentrados cria o processo logístico junto à Área de Logística e Exportação para o recebimento do concentrado pelas unidades produtivas ao longo do ano.³

³ Informações obtidas por entrevistas com Silva D, Castanheira e Silva L no primeiro semestre de 2017.

4.4 CARACTERÍSTICAS DO CONCENTRADO

O concentrado sulfetado de zinco possui diferentes elementos químicos com relevâncias particulares na produção de zinco metálico. Alguns elementos são considerados impurezas e contaminantes que influenciam no rendimento de produção e são indesejáveis em determinadas quantidades no concentrado. Enquanto outros, como a prata, cobre e sílica, são elementos de importância em algumas qualidades e podem apresentar variações acima de 20% em seus teores no planejado/realizado de compra de concentrados.

O nível de importância do elemento no concentrado está relacionado com os produtos e subprodutos obtidos no processamento dessa matéria-prima. No caso da VMZ-JF, a unidade conta com uma planta de recuperação de cobre e prata, produzindo sulfato de cobre e concentrado de prata (subprodutos já relatados). Dentre os elementos com maior coeficiente de variação está o cobre, com aproximadamente 28% de divergência entre o planejado/realizado de compra.

Porém, o cobre não é pagável e o concentrado de zinco é basicamente precificado por uma composição de zinco pagável (85% do Zinco contido ou mínimo de 8 ppm) mais a prata pagável (prata contida menos uma dedução fixa de 3 oz multiplicado por 70%) menos o *Treatment Charge (TC)*, uma negociação de mercado. Em alguns casos, podem-se ter penalidades para alguns elementos deletérios como mercúrio e ferro, porém atualmente isso não é aplicável à unidade de Juiz de Fora.

A VMZ-JF possui o seu padrão de especificação do concentrado aceito pela unidade produtiva. Os percentuais para cada elemento são especificados com um valor ideal esperado no concentrado, um valor mínimo e, quando impurezas ou contaminantes, um valor máximo aceitável. É com base nesse padrão que a Gerência de Processos realiza a aprovação do Plano de Produção. Segue a Tabela 2 que define essa especificação:

Tabela 2 – Exemplo de especificação do concentrado de zinco

Discriminação		Ideal	Limite Inferior	Limite Superior
Zinco	%		45,00	
Ferro	%	5,00	4,00	6,00
Cobre	%	0,80		1,20
Cádmio	%	0,20		0,70
Enxôfre	%	32,00	30,00	33,00
Prata	g / t	110,00		
Chumbo	%			2,50
Cobalto	ppm			60,00
Níquel	ppm	10,00		20,00
Óxido de Cálcio	%	0,10		0,80
Óxido de Magnésio	%	0,08		0,60
Manganês	%	0,15		0,50
Arsênio	ppm	800,00		1500,00
Antimônio	ppm	200,00		500,00
Germânio	ppm	10,00		30,00
Cloreto	ppm	50,00		200,00
Fluoreto	ppm	50,00		150,00
Mercúrio	ppm	10,00		40,00
Tálio	ppm			30,00
Óxido de Bário	ppm			0,40
Óxido de Estrôncio	ppm			0,40
Selênio	ppm			30,00
Telúrio	ppm			50,00
Índio	ppm			300,00
Sílica	%			2,00
Sílica + Cobre + Chumbo	%			5,00

Fonte: Madureira (2017)

Assim, devido à relevância financeira e às variações consideráveis entre o planejado e a compra efetiva do concentrado, o foco do estudo será sobre os elementos prata e zinco.

4.5 PLANEJAMENTO DE COMPRA DE CONCENTRADOS

Anualmente na revisão do Planejamento Estratégico (PE) a Gerência de PCP/Logística da unidade de Juiz de Fora e a Coordenação de Concentrados da VM de São Paulo definem o planejamento de concentrados para o ano. Nesse planejamento, a Coordenação de Concentrados leva em consideração as qualidades inicialmente disponibilizadas pelos fornecedores e os parâmetros de elementos e contaminantes considerados pelas unidades produtivas. Assim, uma Planilha de Concentrados é elaborada contendo as qualidades (teores, umidades, impurezas) e as quantidades disponíveis para o ano.

O Plano de Produção anual é atualizado pela Gerência de PCP com todas as áreas produtivas incluindo a Gerência de Processos e a Gerência de Custos, levando em consideração a Planilha de Concentrados fornecida pela Coordenação de Concentrados. A Coordenação de Concentrados da VM estipula a qualidade do concentrado a ser enviado para as unidades produtivas junto ao fornecedor que possui diferentes minas como fonte de extração do minério. O Plano de Chegada de Navios é enviado à Unidade de Juiz de Fora para a Coordenação de Processos e para a Gerência de PCP.

Assim, pode-se entender que o concentrado obtido no mercado define o Plano de Produção. Como essa disponibilidade depende de questões climáticas e processuais da mineração, sua interferência no planejamento de produção da VM se deve muito mais às características dessa matéria-prima do que ao baixo poder de barganha da VM frente aos seus fornecedores.

4.6 LOGÍSTICA

O fluxograma logístico do concentrado de zinco pode ser definido pelas interações destacadas no esquema da Figura 8 abaixo:

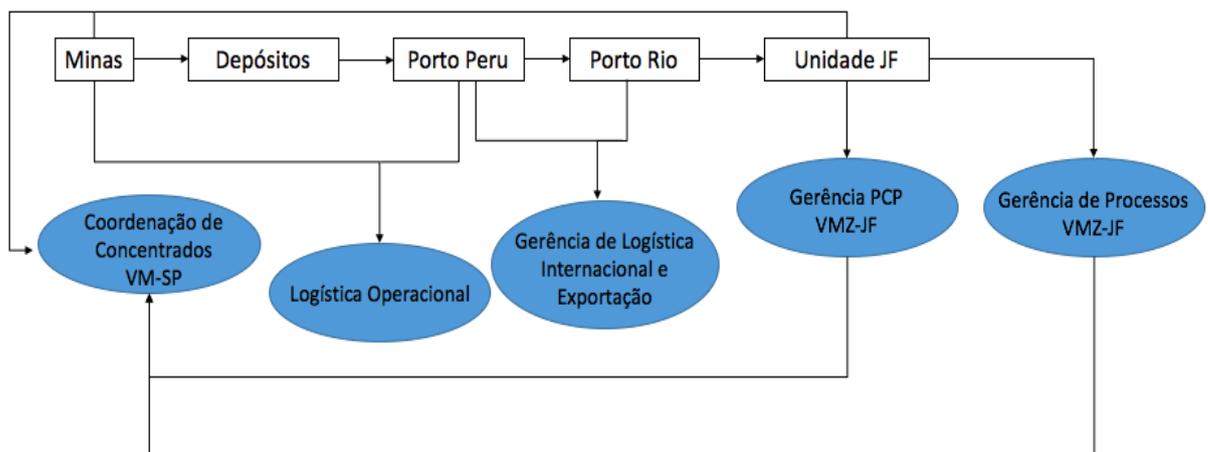


Figura 8 - Fluxograma Logístico

Fonte: A autora

O minério é extraído das minas; onde ocorre o seu beneficiamento, transformando-o em concentrado sulfetado de zinco. Esse concentrado, que é a matéria-prima enviada para as metalúrgicas de zinco, é encaminhado para os Depósitos. O concentrado de zinco é então

armazenado nesses depósitos do Porto de Callao, no Peru para posterior embarque. A Logística Operacional é responsável por esse deslocamento Minas – Porto do Peru.

Com o Plano de Chegada de Navios definido, a Gerência de Logística Internacional e Exportação se encarregará de executar a logística do Porto de Callao (Peru) ao Porto do Rio de Janeiro (Brasil). O tempo de transporte entre os portos gira em torno de 16 a 17 dias. E o tempo de recarga no Porto do Rio para transporte para a Unidade Juiz de Fora é de aproximadamente 10 dias. Cerca de nove navios são enviados por ano, com aproximadamente 16 mil toneladas de concentrado por navio, o que representaria 144 mil toneladas ao ano. Essa capacidade de recebimento é devida ao tempo demandado para carregamento do navio no Porto do Peru, descarga no Porto do Rio e recarga para envio à Unidade Juiz de Fora. E, ainda, há um *lead time* de descarga do concentrado na Unidade de Juiz de Fora de aproximadamente 20 dias.

Quanto à composição do concentrado enviado no navio para o Porto do Rio, há uma combinação de qualidades, ou seja, uma mistura de concentrados com diferentes teores de zinco e demais elementos. Essa composição enviada é baseada no que está descrito no Plano de Chegada de Navios. Por exemplo: No Plano é esperado que o Navio X contenha o concentrado Tipo A, o concentrado Tipo B e o Blend 1 (Tipo C + Tipo D).

O processo de Blendagem do concentrado é a mistura das diferentes qualidades (Tipo C + Tipo D = Blend 1, como no exemplo citado). A própria VM faz o Blend nas minas no Peru e a Gerência de Concentrados é quem define essa Blendagem, dependendo do teor de Zinco no minério, acordado com as unidades produtivas. O objetivo desse processo é garantir o teor de Zinco esperado no navio programado para o mês. Uma segunda Blendagem dessas qualidades, para homogeneização do concentrado, ocorre no momento em que há o recarregamento no Porto do Rio, onde os vagões do trem, que irá transportar o concentrado para Unidade de Juiz de Fora, recebem o material a ser enviado. O objetivo dessa nova Blendagem é obter a homogeneidade do concentrado, já que esse processo não pode mais ser realizado no Porto do Peru e o concentrado chega ao Brasil em uma forma não homogênea, que prejudica a sua utilização na produção do Ustulado. Nessa segunda Blendagem ocorre uma mistura do concentrado que compõe o Navio X (Tipo A + Tipo B + Blend 1, como no exemplo). Dessa forma, a Blendagem no carregamento dos vagões auxilia também na correspondência dos teores da compra planejada.

Como forma de controle do concentrado recebido, a Gerência de Processos é responsável pela amostragem, procedimento em que o concentrado é coletado e analisado em

laboratório para comparação com os teores obtidos pela análise anterior ao embarque no Peru. Essa comparação mostra algumas divergências entre os teores medidos pelas minas no Peru e pela unidade de Juiz de Fora. Essas divergências, porém, não representam relevância na análise das diferenças entre compra planejada versus compra realizada. E os teores recebidos seguem uma proximidade com o replanejamento do navio esperado para o mês. Logo, a amostragem se comporta mais como um processo de conferência dos teores recebidos com foco no atendimento do padrão de especificação (Tabela 2).

No entanto, esse replanejamento do navio esperado para o mês, que é resultado da compra de concentrados realizada, representa uma evidência de alterações no Plano de Chegada de Navios inicial que tem um horizonte anual. Nesse cenário de replanejamento, o que ocorre é que muitas vezes, pela falta de disponibilidade de uma determinada qualidade, é necessária sua substituição para aproximação da composição do concentrado esperado para esse navio. Segue abaixo uma tabela com dados genéricos, baseados nos dados históricos coletados, para exemplificação dessas divergências entre o Plano Anual de Chegada de Navios e a compra realizada detalhada no plano mensal do navio, enviado pela Gerência de Concentrados à Gerência de PCP:

Tabela 3 - Variação dos teores de Zinco e Prata na chegada do Navio X

Zn(%)					
Qualidades	Plano Anual Navio		Qualidades	Plano Mensal Navio	
	Zn(%)	Quantidade		Zn(%)	Quantidade
Tipo A	55,18	40,00%	Tipo A	49,79	40,65%
Tipo B	59,02	28,85%	Tipo B	55,0	25,00%
Blend	59,44	31,15%	Blend	58,79	34,35%
Ponderado	57,61%		Ponderado	54,18%	
Ag(g/ton)					
Qualidades	Plano Anual Navio		Qualidades	Plano Mensal Navio	
	Ag(g/ton)	Quantidade		Ag(g/ton)	Quantidade
Tipo A	179,42	40,00%	Tipo A	131,86	40,65%
Tipo B	39	28,85%	Tipo B	36,38	25,00%
Blend	39	31,15%	Blend	37,0	34,35%
Ponderado	95,17		Ponderado	75,41	

Fonte: Adaptado de VOTORANTIM, 2017.

Analisando a Tabela 3, com o foco nos teores de zinco e prata, pode-se entender que no Plano Anual, o Navio X possui três qualidades diferentes: Tipo A, Tipo B e Blend 1. Cada qualidade possui um teor de zinco e prata respectivo no concentrado e uma porcentagem de participação na quantidade total enviada no navio. O Ponderado é o valor total de zinco (%) ou prata (grama/tonelada) contido no navio enviado, calculado pela média ponderada das qualidades que compõe o concentrado desse navio. O Plano Mensal do Navio X representa o concentrado que será enviado no Navio X de acordo com a compra realizada para o mês seguinte no horizonte de planejamento. Pode-se perceber que uma das qualidades, o Tipo E, que compõe esse navio no Plano Mensal se diferencia do Plano Anual. A qualidade do Tipo E substitui a do Tipo B do Plano Anual que, por possível indisponibilidade, não será enviada.

5. ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO

5.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS DIVERGÊNCIAS PLANEJADO/ REALIZADO DE COMPRA DE CONCENTRADOS

As divergências entre compra planejada e realizada podem ocorrer por diversos fatores, como:

a) Dificuldade do fornecedor em cumprir o planejamento.

É comum a ocorrência de mudanças na disponibilidade do concentrado ao longo do ano, devido às questões climáticas, por exemplo. Dessa forma, quando há substituição de uma qualidade por outra (Tipo B substituído pelo Tipo E, como na Tabela 4), os teores dos elementos da qualidade do Tipo E podem até não ser muito aproximados do Tipo B anteriormente planejado. Porém, a composição final do navio deve ser próxima do Plano inicial, atendendo às especificações do padrão apresentado na Tabela 3.

Essa indisponibilidade do concentrado pode determinar também o não atingimento do volume do navio planejado, quando não é possível a utilização de uma qualidade substituindo a planejada ou como acréscimo dela.

b) Problemas de qualidade

A Gerência de Concentrados pode optar pela substituição de qualidades para cumprimento do orçamento, que impactará na alteração dos teores planejados.

c) Problemas operacionais nos *Smelters*

O Forno ustulador, por exemplo, por um determinado período não pode consumir concentrados com alto teor de Ferro, devido à baixa eficiência de resfriamento. Isso é uma situação que a Gerência e Concentrados analisa junto às Gerências de PCP dos *Smelters*. E, com isso, a programação de qualidades pode ser afetada. Este tema é muito abrangente, e não tem tanto impacto no plano de compra de concentrados.

d) Variações nos teores de prata e cobre

Além de estabelecer a compra com os fornecedores para a Unidade de Juiz de Fora, a Gerência de Concentrados também se encarrega desse processo para atender à demanda da Unidade produtiva de Três Marias (VMZ-TM). No entanto, a planta de Três Marias não recupera esses metais, ou seja, não há produção dos subprodutos sulfato de cobre e concentrado de prata como acontece em Juiz de Fora. Então, a Gerência de Concentrados já faz o planejamento considerando que a unidade de Três Marias não pode consumir Ag e Cu. Assim, os teores mais altos desses elementos não são desejáveis na unidade de Três Marias como são em Juiz de Fora. Logo, pode haver mudança de qualidade destinada à Juiz de Fora se algo acontecer na disponibilidade ou na qualidade, ou até mesmo com algum problema operacional em Juiz de Fora (fatores relatados nos itens a, b e c respectivamente). A Gerência de Concentrados avalia em conjunto se é viável o envio de concentrados com teores de prata e cobre para Três Marias, já que essa decisão afeta o planejamento e o custo.

e) Qualidades em Estoque

Devido à estocagem na Unidade de Juiz de Fora não conseguir segregar várias qualidades é possível haver uma mudança nas qualidades armazenadas.

As falhas na amostragem não podem ser consideradas fatores que influenciam nas divergências entre planejamento versus compra realizada. Essas falhas são fatores que refletem mais as divergências entre compra realizada versus chegada do concentrado. Nesse contexto, a falta de homogeneidade do Blend pode afetar a amostragem que deve seguir a norma brasileira ABNT NBR ISO 12743. Os erros de amostragem podem demonstrar algumas variações entre o Plano Mensal do navio e a chegada do concentrado na Unidade de Juiz de Fora. A conferência desses teores é realizada pelos resultados da análise dessa amostragem. As divergências encontradas podem ser provenientes de erros de amostragem tanto no Peru, quanto na Unidade de Juiz de Fora. Assim, os resultados da amostragem refletem o que já foi replanejado descrito no Plano Mensal.

5.2 EFEITOS DA VARIABILIDADE NO CONCENTRADO

A variabilidade no concentrado causa impactos no processo de produção, no resultado produtivo e financeiro de diferentes formas:

a) Efeitos no Forno Ustulador

A aglomeração no Forno Ustulador do somatório cobre, sílica e chumbo representa um potencial risco operacional. Altos teores desse somatório exigem temperaturas de processo reduzidas. Caso a temperatura se eleve por alguma instabilidade no Forno Ustulador, há o risco de formação de eutéticos (compostos com temperatura baixa de fusão). Esta formação destrói as bicas de ar e impede a fluidização, atrapalhando a produção do Ustulado.

b) Menor rendimento de Zinco

Altos teores de Ferro aumentam demasiadamente a temperatura de trabalho, em virtude da reação exotérmica forte que esse elemento sofre, obrigando a redução de alimentação do Forno Ustulador para não superar a temperatura máxima de processo.

c) Influência na capacidade de produção.

O teor de Zinco no concentrado influencia na quantidade de Ustulado produzida que pode trazer elevação ou redução na produção dos lingotes de Zinco. Isso ocorre, pois, a alimentação do forno possui limitantes e o processo tem o seu respectivo de rendimento.

d) Impactos financeiros

Valores diferentes para o teor de Zinco na compra planejada versus realizada, pode representar perdas ou ganhos financeiros. Isso pode ser mostrado no seguinte exemplo:

Uma compra de concentrado para o Navio X foi realizada com o teor de Zinco de 56,11%, sendo que o orçado havia sido de 56,29%. Considerando a título de exemplo, o que não corresponde à realidade da operação da Unidade de Juiz de Fora, dado à alimentação do Forno de 350 toneladas/dia, 30 dias de produção no mês, rendimento do processo de 0,92, o dólar R\$3,20 e o preço de referência

US\$2.500,00 por tonelada de Zinco (*London Metal Exchange* – LME), temos os seguintes resultados:

Produção de Zinco no mês = (Zn realizado – Zn orçado) * Alimentação do Forno * Dias no mês * Rendimento

$$\text{Produção de Zinco no mês} = (56,11-56,29) * 350 * 30 * 0,92$$

$$\text{Produção de Zinco no mês} = - 1.738,80 \text{ t Zn}$$

Assim, o valor em reais que esse resultado produtivo de zinco gera é:

$$\text{Valor R\$} = \text{t Zn} * \text{LME} * \text{dólar}$$

$$\text{Valor R\$} = 1.738,80 \text{ (t Zn)} * 2.500,00 * 3,20$$

$$\text{Valor R\$} = 13.910.400,00$$

Logo, pode-se concluir que com a redução do teor de Zinco no concentrado, a empresa deixa de ganhar quase 14 milhões de reais na produção de Zinco.

e) Qualidade do zinco metálico

Alguns elementos, como cobalto, magnésio e níquel são considerados contaminantes não tratáveis no processo produtivo de obtenção do zinco metálico. A presença desses elementos pode trazer como resultado um produto final com qualidade inferior, devido à presença desses elementos indesejáveis.

6. CONCLUSÃO

Na comparação dos teores de zinco e prata do planejamento de compra de concentrados e compra realizada, a percepção das divergências foi bem explícita. Pois, as alterações na qualidade eram comuns no replanejamento da chegada de navios na unidade de Juiz de Fora. O entendimento das causas dessas diferenças encontradas foi possível pelas entrevistas com os componentes da Cadeia de Suprimentos do concentrado de zinco. Por meio do estudo do relacionamento entre os integrantes dessa cadeia, percebe-se que o planejamento de produção é baseado na disponibilidade de matéria-prima no mercado.

Todavia, essa capacidade produtiva, alinhada à disponibilidade de concentrado, sofre replanejamento mensal de acordo com a chegada de navio programada para o mês seguinte no horizonte de planejamento. Isso ocorre porque essa disponibilidade de concentrado possui uma determinada instabilidade frente às questões climáticas e de extração e beneficiamento do minério por parte do fornecedor. Essa característica da mineração mostra como o setor de zinco é vulnerável às fontes de obtenção e aos processos de extração do minério. Além disso, os *smelters* também enfrentam problemas operacionais, que podem afetar de alguma forma a programação de concentrados. As diferenças de processamento das unidades também são critérios considerados no planejamento. Porém, a variabilidade no concentrado pode representar alteração na programação da chegada de navios.

Assim, é muito importante para a VMZ criar vínculos com seus fornecedores estratégicos, pois a qualidade da matéria-prima pode comprometer seriamente os resultados. Isso reforça a necessidade de uma Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) eficiente, que busca a geração de valor através das fronteiras organizacionais, visando o atendimento às necessidades dos clientes. A GCS promove, assim, uma rede colaborativa, facilitando as conexões entre os componentes da Cadeia de Suprimentos.

No entanto, mesmo com um alinhamento e boa integração da empresa com os seus fornecedores, os replanejamentos são inevitáveis pelas demais condições apresentadas. A tomada de decisão por parte da Gerência de Concentrados alinhada com o PCP das unidades produtivas é estratégica e determinante das mudanças na programação da chegada de navios. A busca constante pela minimização dos impactos produtivos e financeiros é uma problemática vivida pela empresa. Assim, a variedade dos fornecedores da empresa possibilita contornar a questão da variabilidade no concentrado, mas não exclui a necessidade de

replanejamento das qualidades disponíveis. É uma mitigação, e não solução, dessa alteração de qualidade.

A utilização de um sistema como o *Distribution Requirement Planning (DRP)* poderia ser um suporte no gerenciamento do fluxo do concentrado de zinco, integrando a informação de estoque do fornecedor com as atividades de distribuição e o sistema de PCP. Para adoção desse sistema, todas as unidades produtivas do zinco da Votorantim deveriam ser envolvidas, juntamente com seus fornecedores.

Conforme discutido no capítulo 2 deste trabalho, na implantação desse sistema seriam necessárias três fases. Na primeira fase, os parâmetros recebidos pelo sistema seriam: os estoques dos fornecedores disponíveis para venda, o pedido de compra de concentrados das unidades produtivas da Votorantim, o *lead time* de logística do concentrado de zinco, os modais de transporte desse material e a frequência de entrega.

Na segunda fase, quando os dados de entrada já tivessem sido coletados, o DRP geraria o modelo *time phased order point (TPOP)* de requerimento dos recursos necessários, buscando atender ao processo logístico definido. Esse modelo, traria informações como: qual a qualidade do concentrado necessária, a quantidade desse concentrado, quando e onde ele deve ser entregue e a capacidade de transporte necessária por modal.

A terceira e última fase faria a comparação da necessidade de recursos com o que está sendo oferecido pelas minas atualmente e no futuro. Dessa forma o DRP recomendaria quais ações relacionadas à compra de concentrados deveriam ser tomadas, alinhando fornecimento à demanda da unidade produtiva.

Além do DRP, a automação de processos no PCP, como a utilização de simuladores mais modernos, poderia trazer melhorias na efetividade do planejamento de produção. Pois, dessa forma, seria possível a simulação de cenários produtivos mais condizentes com as mudanças das variáveis consideradas na produção.

Outra solução potencial para contornar essa inevitabilidade da variação no concentrado, dando suporte ao fornecimento da matéria-prima na produção de zinco metálico, é a obtenção de fontes de zinco mais estáveis. Daí a importância da busca por novas tecnologias, como exemplo, a recuperação de zinco proveniente do reaproveitamento de pilhas usadas, que já é adotada na empresa. Essa matéria-prima, apesar de representar uma quantidade de fornecimento muito inferior ao concentrado de zinco, possui uma concentração de zinco conhecida e uniforme.

O monitoramento constante da programação de navios, bem como o replanejamento do plano de produção baseado na disponibilidade de matéria-prima são técnicas já adotadas pela empresa que permitem conhecer e trabalhar os impactos produtivos das alterações no plano inicial. Em conclusão do estudo, o alinhamento da Gestão da Cadeia de Suprimentos com o PCP da empresa se mostra eficaz no replanejamento da capacidade produtiva e no conhecimento dos efeitos da variabilidade no concentrado. Dessa forma, procura-se uma minimização dos impactos que esses efeitos possam causar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALICEWEB. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em 12/01/2017.

ALMEIDA, FREDERICO MADUREIRA MATOS. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Unidade Juiz de Fora, 2017.

BALLOU RONALD H. **The evolution and future of logistics and supply chain management**. European Business Review, Vol. 19 Iss 4 pp. 332 – 348, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1108/09555340710760152>>

CHOPRA, S., MEINDL.; P. **Supply Chain Management – Strategy, Planning, and Operation**. 3rd Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2007.

CASTANHEIRA, ADRIANO CORREA. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Coordenação de Concentrados - São Paulo, 2017.

DONALD J. BOWERSOX; DAVID J. CLOSS; M. BIXBY COOPER; JOHN C. BOWERSOX. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. Disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cli2AwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=cadeia+de+suprimentos&ots=PJpiS7XbyQ&sig=ooXgi7m_3VvUn_XY23ulpzdtkPE - v=onepage&q&f=false>

FERREIRA, BRENO LUIZ FRANCA. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Gerência Geral de Desenvolvimento, 2017.

FERREIRA, JOAO CARLOS DE NOVAES. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Gerência de Logística Internacional e Exportação, 2017.

GRUPO VOTORANTIM - Negócios. Disponível em <www.votorantim.com.br>. Vários acessos.

HILL, ARTHUR V. **The Encyclopedia of Operations Management**, 2012.

ILZSG – International Lead and Zinc Study Group, Lead and zinc statistics. Disponível em <www.ilzsg.org/>. Vários acessos.

JÚNIOR, Carlos Nogueira da Costa. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico**. Ministério de Minas e Energia (MME), 2015.

LAMBERT, D.M.; COOPER, M.C.; PAGH, J.D., **Supply chain management: implementation and research opportunities**. The International Journal of Logistics Management, Vol. 9 No. 2, pp. 1-19, 1998.

LUMUS, RHONDA R.; VOKURKA, ROBERT J. **Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines**. Industrial Management & Data Systems, Vol. 99 Iss 1 pp. 11 – 17, 1999 - Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/02635579910243851>>

MACIEL, PAOLLA. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Zinco Unidade Juiz de Fora, 2017.

MARTIN, A. J. **DRP: Distribution Resource Planning: The Gateway to True Quick Response and Continuous Replenishment**. Nova York: John Wiley&Sons.,1992.

MOREIRA, RAFAEL YOHEN. **Comunicação Pessoal**. Milpo Logística Operacional - Peru, 2017.

PIRES, S. R. I. **Gestão Estratégica da Produção**. Piracicaba: Editora UNIMEP, 1995.

RHONDA R. LUMMUS; ROBERT J. VOKURKA. **Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines**. Industrial Management & Data Systems, Vol. 99 Iss 1 pp. 11 – 17, 1999. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1108/02635579910243851>>

SANTOS, JUAREZ FONTANA DOS. **Relatório Técnico 25 - Perfil do Minério de Zinco**. Ministério de Minas e Energia (MME), 2010 (versão 3).

SANTOS, JUAREZ FONTANA DOS. **Relatório Técnico 65 - Perfil do Zinco**. Ministério de Minas e Energia (MME), 2009.

SILVA, DAYANA OBELINO DE BRITO. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Coordenação de Concentrados - São Paulo, 2017.

SILVA, LEYRSON CARLOS DA. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Zinco Unidade Juiz de Fora, 2017.

SOARES, ISAAC ROSA. **Comunicação Pessoal**. Votorantim Metais Zinco Unidade Juiz de Fora, 2017.

VASQUES, Antônio Cruz. **Relatório Técnico 83 – Reciclagem de Metais no País**. Ministério de Minas e Energia (MME), 2009.

VICS Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR): An Overview, 2004 – Disponível em <www.vics.org/docs/committees/cpfr/CPFR_Overview_US-A4.pdf>

VOLLMANN, THOMAS; WHYBARK, D.CLAY; BERRY, WILLIAM; JACOBS. **Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management**. Sixth edition, 2011

VOTORANTIM – Sobre a Votorantim. Disponível em <www.votorantim.com.br>. Vários acessos.

VOTORANTIM METAIS - Quem somos. Disponível em <www.vmetais.com.br>. Vários acessos.

WISNER, JOEL D.; TAN, KEAH-CHOON; LEONG, G. KEONG. **Principles of Supply Chain Management – A Balanced Approach**. Third edition, 2009.

WOMACK, P. JAMES; JONES, P. DANIEL. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**, 2003.