

**UMA ABORDAGEM DA PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A
GESTÃO DE MATERIAIS E A LOGÍSTICA: CONTRIBUIÇÃO PARA O
ENSINO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS
NÍVEIS**

ÉRIK DA SILVA OLIVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

2005

UMA ABORDAGEM DA PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A
GESTÃO DE MATERIAIS E A LOGÍSTICA: CONTRIBUIÇÃO PARA O
ENSINO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS.

ÉRIK DA SILVA OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense como parte
dos requisitos necessários para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia de
Produção.

ORIENTADOR: D.Sc. GUDÉLIA MORALES DE ARICA

CAMPOS DOS GOYTACAZES
DEZEMBRO DE 2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCT / UENF**

20/2006

Oliveira, Érik da Silva

Uma abordagem da pesquisa operacional aplicada à gestão de materiais e a logística: contribuição para o ensino do modelo de Programação Linear em Dois Níveis / Érik da Silva Oliveira. – Campos dos Goytacazes, 2005.

xiv, 177f. : il.

Orientador: Gudelia G. Morales de Arica.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) --Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção. Campos dos Goytacazes, 2005.

Área de concentração: Pesquisa Operacional

Bibliografia: f. 170-177

1. Estoques 2. Programação Linear em Dois Níveis 3. Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção II. Título

CDD 658.7

UMA ABORDAGEM DA PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A
GESTÃO DE MATERIAIS E A LOGÍSTICA: CONTRIBUIÇÃO PARA O
ENSINO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS

Érik da Silva Oliveira

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovado em: 09 de Dezembro de 2005.

Comissão examinadora:

Prof.^a Gudelia Morales de Arica, D.Sc. – UENF (Presidente)

Prof.^o Helder Gomes Costa , D.Sc. - UFF

Prof.^o Sebastião Décio Coimbra de Souza, D.Sc. - UENF

Prof.^o Alcimar Chagas Ribeiro, D.Sc. - UENF

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que sempre me fortaleceu nos momentos difíceis, a minha esposa, meus pais, irmãos, avôs e avós.

AGRADECIMENTOS

A Prof. Gudelia pela paciência e oportunidade de me desenvolver pessoalmente com a sua orientação.

Aos professores Arica, Galdino, André Policani e Luiz Antonio pelo incentivo e atenção.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense e à CAPES pela bolsa concebida durante a pesquisa.

Aos amigos Ailton, Cristiano, Waidson, Denise, Manaara, Frederico, André, Sheila, Sidilene, Alander, Rodrigo, Edilson, Luciano, Kátia, Gerson e Rafael que tanto me ajudaram, bem como me incentivaram nas horas mais difíceis, e também pelos momentos em que sorrimos juntos.

A Deus por ter me iluminado nos momentos mais difíceis, e por ter segurado a minha mão nos momentos em que eu mais precisei.

A minha esposa Daniele que sempre me incentivou e sempre esteve do meu lado me dando força.

Aos meus familiares pelos incentivos e pelo apoio moral: Meu Pai (Edalmo), Minha Mãe (Ilma), Meus Irmãos (Elvis e Edilma), Meus Avôs e Avós (João - *In Memoriam*), (José Leandro - *In Memoriam*), (Isabel - *In Memoriam*) e Josepha.

*“Muitos são homens, alguns são professores, poucos são mestres.
Aos primeiros, escuta-se; aos segundos, respeita-se;
aos terceiros, segue-se.”*

Anônimo

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE QUADROS	XII
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	19
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. GESTÃO DE MATERIAIS : ESTOQUES	21
2.1 PROCESSOS DE PRODUÇÃO – GESTÃO DE ESTOQUES, SEU PLANEJAMENTO, CONTROLE E AVALIAÇÃO	21
2.1.1 Tipos de Estoques	23
2.2 FATORES A SEREM CONSIDERADOS NO CONTROLE DE ESTOQUE	25
2.2.1 Ciclo de Vida dos Produtos	26
2.2.2 Curva ABC	31
2.2.3 Métodos de Avaliação de Estoques	34
2.2.3.1 Método de Avaliação FIFO	35
2.2.3.2 Método de Avaliação LIFO	35
2.2.3.3 Método de Avaliação NIFO	36
2.2.3.4 O Método de Avaliação de Custeio Médio de Estoques	36
2.3 DECISÕES DE ESTOQUE	37
2.3.1 Decisão de Volume de Ressuprimento – Quanto Pedir	38
2.3.2 Custos de Estoques	39
2.3.3 Estratégias de Postergação para Gerenciamento do Risco de manter Estoques	42
2.3.4 Perfis de Estoque – Gráfico ou Curva Dente de Serra	44
2.3.5 Decisões Sobre o Tempo – Quando Colocar um Pedido	47
2.3.6 Revisões Contínuas e Periódicas	48
2.3.7 Tipos de Demanda	48
2.3.7.1 Demanda Independente e Demanda Dependente	49

2.3.7.2 Outras Formas de Demanda	50
2.3.8 Lote Econômico de Compra (LEC)	51
3. LOGÍSTICA, CADEIA DE SUPRIMENTOS E CUSTOS LOGÍSTICOS	54
3.1 CONCEITO DE LOGÍSTICA	54
3.2 GERENCIAMENTO, PLANEJAMENTO E CONTROLE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	63
3.2.1 Gestão de Compras e Suprimentos	66
3.2.2 Gestão da Distribuição Física	68
3.2.3 Gestão de Materiais	69
3.2.3.1 Just in Time & Kanban	70
3.2.3.2 JIT II	75
3.2.3.3 MRP & MRP II	78
3.2.4 Logística	79
3.2.4.1 Logística Reversa	79
3.2.5 Gestão da Cadeia de Suprimentos (<i>Supply Chain Management</i>)	81
3.3 SISTEMAS MODERNOS DE CUSTEIO LOGÍSTICO	85
3.3.1 Lucratividade Direta por Produto	86
3.3.2 Análise da Lucratividade de Clientes	88
3.3.3 Custeio Total de Propriedade	89
3.3.4 Custeio Baseado em Atividades	92
3.3.5 Gerenciamento Baseado em Atividades	96
3.3.6 Balanced Scorecard	99
4. PESQUISA OPERACIONAL	108
4.1 HISTÓRICO DA OTIMIZAÇÃO MATEMÁTICA E DA PROGRAMAÇÃO LINEAR	109
4.2 A PROGRAMAÇÃO MULTINÍVEL	116
4.2.1 A Programação em Dois Níveis	118
4.2.2 Formulação do Problema Linear de Dois Níveis e Propriedades	122
4.2.3 Histórico dos Modelos em Dois Níveis	124
4.2.3.1 Aplicações dos Modelos de Programação em Dois Níveis	126
4.3 ESTOQUES, CADEIAS DE SUPRIMENTO E PESQUISA OPERACIONAL	128
5. CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS	138
5.1 O ALGORITMO PROPOSTO	138
5.1.1 O Algoritmo de Pontos de Equilíbrio	138
5.1.2 As Condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT)	139

5.1.3 Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis para o Problema Linear de Dois Níveis (AIVV - PLDNP)	144
5.1.4 Abrangência da Implementação	147
5.2 IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO IDENTIFICADOR DE VÉRTICES VIÁVEIS EM \mathbb{R}^2 USANDO MATLAB	147
5.2.1 Resultados Computacionais	148
6. CONCLUSÕES E FUTURAS PROPOSTAS DE PESQUISA	167
6.1 CONCLUSÕES	167
6.2 FUTURAS PROPOSTAS DE PESQUISA	168
REFERÊNCIAS	170

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Estágios do ciclo de vida dos produtos _____	31
Figura 02: Antecipação e postergação da distribuição física _____	43
Figura 03 : Antecipação e postergação da produção _____	43
Figura 04: Curva dente de serra _____	46
Figura 05: Gráfico dente de serra _____	52
Figura 06: Logística e o valor para o cliente _____	55
Figura 07: Fluxos logísticos _____	59
Figura 08: Gerenciamento da cadeia como vantagem competitiva _____	61
Figura 09 : Gestão da cadeia de suprimentos _____	65
Figura 10: Fluxos (A) tradicional e (B) JIT entre estágios _____	71
Figura 11: Modelo conceitual de um sistema ABC _____	95
Figura 12: Esquema básico do método ABC _____	96
Figura 13: Utilização das informações do ABC pelo ABM _____	98
Figura 14: Utilização do ABM para aprimoramentos operacionais e decisões estratégicas _____	99
Figura 15: BSC – <i>Balanced Scorecard</i> – vetores críticos do BSC _____	100
Figura 16: Traduzindo a missão em resultados almejados _____	101
Figura 17 : O <i>Balanced Scorecard</i> como sistema de gestão _____	107
Figura 18 : Árvore da otimização (<i>Optimization Tree</i>) _____	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Etapas do modelo de obtenção da lucratividade direta por produto (DPP)_	87
Quadro 02: Possíveis custos relacionados com clientes _____	89
Quadro 03: Custo padrão das não conformidades _____	91
Quadro 04: Exemplos de direcionadores de recursos _____	94
Quadro 05: Direcionadores de atividades _____	95
Quadro 06: Ramos da pesquisa operacional _____	115

RESUMO

OLIVEIRA, Érik da Silva. **Uma Abordagem da Pesquisa Operacional Aplicada à Gestão de Materiais e a Logística: Contribuição para o Ensino do Modelo de Programação Linear em Dois Níveis**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. UENF, Campos dos Goytacazes.

O presente trabalho discorre sobre a Pesquisa Operacional como sendo um ramo da ciência que busca a otimização de modelos de processos, sendo uma coleção de metodologias para ajudar a tomada de decisão que se embasa em conceitos da matemática, economia, estatística e na teoria de algoritmos. Em particular, neste trabalho, se aborda o modelo de cadeias de produção e de distribuição. Em geral, estas aparecem escalonadas em estruturas hierárquicas compostas por organizações distintas, tendo cada uma objetivos próprios e apenas controlando algumas variáveis específicas, mas tendo seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outros níveis hierárquicos, sendo que, nem sempre as decisões ótimas de cada nível hierárquico separadamente, conduzem ao ótimo global da Cadeia de Suprimentos. A Programação Linear em Dois Níveis (PLDN), um caso particular do modelo de Programação Multinível, é a que melhor representam as operações de produção que dependem de dois níveis hierárquicos de decisão. É apresentado um algoritmo, como contribuição didática, denominado (AIVV), Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis, que é um método mediante o qual se reconhecem os pontos extremos do conjunto viável de um problema de PLDN. Foi implementado em Matlab, e mostrou-se bastante eficiente no que concerne ao detalhamento progressivo para chegar à região viável do PLDN, facilitando assim o entendimento da teoria que envolve o modelo.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Érik da Silva. **An Approach of Operational Research Applied to Management Stockes and Logistics: Contribution for Teaching of the Model of Bilevel Linear Programming.** 2005. Dissertation (Master's degree in Production Engineering) – Graduate program in Production Engineering. UENF, Campos dos Goytacazes.

The present work discourses on the Operational Research as being a branch of the science that searches the otimization of models of processes, being a collection of methodologies to help the decision taking that is based in mathematics, economy, statistics and in the theory of algorithms concepts. In particular, in this work, is approached the model of distribution and production chains. In general, they appear spaced out in composed hierarchic structures for distinct organizations, having each one proper objectives and only controlling some specific variables, but having its own space of total decision or partially determined by other hierarchic levels, being that, not always the great decisions of each hierarchic level separately, lead to global excellent of the Suppliment Chain. The Bilevel Linear Programming (BLP), a particular case of the model of Multilevel Programming is the one that better represents the production operations that depend on two hierarchic levels of decision. An algorithm is presented as didactic contribution called (AIVV) Identification Algorithm of Viable Vertices that is a method by means of which they recognize the extreme points of the viable set of a BLP problem. It was implemented in Matlab, and one revealed sufficiently efficient in that it concerns to the gradual detailing to obtain at the viable region of the BLP, thus facilitating the agreement of the theory that involves the model.

1. INTRODUÇÃO

Devido à grande concorrência e a globalização, as empresas estão preocupadas com seus produtos, serviços e processos produtivos, ocasionando uma busca incessante por melhorias, almejando minimizar os custos e aumentar os lucros empresariais. Esse esforço pela otimização faz com que as empresas possam estar mais preparadas e competitivas a cada dia, e sendo seus principais objetivos: o estabelecimento no mercado, a busca da liderança e a aceitação do público consumidor e de seus produtos e serviços.

Os clientes têm um papel de destaque no âmbito organizacional, pois a sua satisfação é o objetivo principal das empresas sendo a razão pela qual elas buscam inovar e aperfeiçoar seus produtos, serviços e processos. Assim, produtos, serviços e processos empresariais existem como uma solução entre muitas para atender a uma necessidade específica de quem os consomem.

Atualmente, devido aos grandes avanços tecnológicos, os produtos e processos empresariais estão praticamente similares, oferecendo as mesmas vantagens e possuindo as mesmas características no que concerne à qualidade de sua fabricação, e conseqüentemente não oferecendo praticamente nenhum diferencial ou peso no processo decisório de aquisição do produto pelo consumidor. Isso força o fator serviço a ocupar uma posição de grande destaque no meio empresarial, pois quando atrelado ao dinamismo da Logística, torna-se um elemento chave e fonte de agregação de valor ao produto, fornecendo ao consumidor um diferencial no ato da aquisição. Assim, um elemento chave no ato da venda e entrega de seu produto ao consumidor e na prestação de serviço de uma empresa é a Logística, sendo esta uma grande aliada, além de um fator diferencial, impulsionando assim os processos produtivos e garantindo aceitação e satisfação do consumidor.

Os processos produtivos empresariais têm como função primordial a produção de bens e serviços para atender às necessidades dos consumidores, sendo que, para atingir esse objetivo de forma ótima, é necessária a produção de quantidades determinadas, de modo que o fornecimento dos bens aos consumidores seja atendido. Porém, existe um lapso temporal entre fornecimento e demanda, o qual na grande maioria das vezes não estão em harmonia. Surge então, a necessidade de se fazer estoques para não haver falta de produtos, em caso de

uma demanda atípica. No entanto, as empresas têm uma atitude bilateral em relação a estoques, pois, em um ambiente de grande complexidade e incerteza, ou em épocas de grande grau de sazonalidade, eles podem proporcionar alguma segurança e suprir as necessidades oriundas de faltas imprevistas por um lado, mas, por outro lado, os estoques podem ser fontes de custos, se deterioram, ou ainda tornam-se obsoletos, e até mesmo podem empatar capitais que poderiam ser reinvestidos em outras fontes de lucros para a empresa, além de ocupar espaço físico que podem ser utilizados pela produção.

Devido ao dinamismo dos processos industriais, deve-se considerar, no que concerne ao planejamento, controle e avaliação das políticas de estoque, a sua disposição hierárquica em uma grande Cadeia de Suprimentos, pois somente dessa forma é que se podem avaliar o impacto que uma política de uma empresa distinta terá nas demais empresas ligadas à mesma Cadeia de Suprimentos da qual faz parte. Esse dinamismo empresarial, em um mundo cada vez mais competitivo, não permite apenas a busca de otimização de processos empresariais de cada empresa de forma única, como se estivessem desgarradas da Cadeia a qual tal empresa faz parte. Isto porque, na busca da otimização de políticas de estoques, dispostas em uma Cadeia de Suprimentos, deve-se considerar um grande número de variáveis, que influenciam a empresa em questão, e também as demais, sabendo que não tem controle de todas as variáveis que estão embutidas no processo, e que a decisão de uma empresa, da Cadeia, irá influenciar a política de outras, dessa mesma Cadeia.

Observa-se também que as Cadeias de Suprimentos normalmente estão escalonadas em vários níveis hierárquicos, compostos por organizações distintas, sendo que, cada nível desta estrutura hierárquica tem objetivos próprios e apenas controla algumas variáveis específicas, mas tem seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outros níveis. Sendo assim, nem sempre as decisões ótimas de um nível hierárquico separadamente, conduzem ao ótimo global da Cadeia de Suprimentos. Assim, podem-se observar os múltiplos níveis hierárquicos de decisão aos quais pertencem as Cadeias de Suprimentos, formando uma hierarquia.

A Pesquisa Operacional oferece uma grande variedade de ferramentas para a otimização e auxílio ao processo decisório empresarial. Essas ferramentas permitem resolver um modelo matemático de um sistema ou sistemas que irão representar a

realidade, ou uma parte significativa desta, de forma que as principais variáveis do processo decisório sejam consideradas na busca de um ótimo para o modelo. Assim quando o modelo representa, por exemplo, uma cadeia hierárquica, é garantido que esse ótimo seja compartilhado e compatibilizado pelo sistema com um todo.

A Programação Multinível é um ramo da Pesquisa Operacional que foca a otimização de um sistema hierárquico, podendo englobar vários elos e níveis de uma Cadeia, de forma que se busque um valor ótimo que seja compartilhado por todos os integrantes dessa Cadeia. Neste trabalho é feita uma introdução rápida a Programação em Dois Níveis, que é um caso particular da Programação Multinível. Ele apresenta como característica principal apenas dois níveis hierárquicos embutidos em um processo de tomada de decisão. Portanto, como mostram experiências recentes na Literatura, um Modelo de Programação Linear em Dois Níveis pode ser uma formulação mais adequada para a Otimização de Cadeias de Suprimentos. Assim, é considerada a participação das variáveis de cada nível com influência na tomada de decisão, na busca de uma forma de otimização que englobe sinergicamente todos os elos da Cadeia, esta é uma forma de otimizar todo o processo, obtendo assim ganhos globais compartilhado por todos os níveis.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste no levantamento de dados relevantes, bem como apresentação do estado da arte referente a: Estoques, suas formas, os tipos existentes, as abordagens clássicas de planejamento, controle e avaliação de estoques e alguns fatores a serem considerados no processo de estocagem; Cadeia de Suprimentos, sua abordagem geral e seus principais conceitos; Logística Direta e Reversa e suas formas de custeio; Pesquisa Operacional, sua abordagem histórica e seu foco para os processos decisórios; Programação Linear, Programação Multinível, em especial o caso da Programação Linear em Dois Níveis aplicada à modelagem dos estoques em uma Cadeia de Suprimentos; E, finalmente apresentar uma contribuição para o ensino dos modelos de Programação Linear em Dois Níveis, que visualiza as regiões viáveis, para duas variáveis, os candidatos a soluções ótimas e sua implementação em **Matlab**.

1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Em um mundo cada vez mais competitivo, os sistemas produtivos estão buscando meios para otimizar seus processos, além de almejam uma vantagem competitiva e lucros crescentes. No entanto, pode-se observar que hoje não faz mais sentido falar em otimização de uma organização somente, pois existe uma sinergia muito grande entre os processos empresariais, de forma que se busca a otimização de uma Cadeia como um todo, e não de uma organização de forma estanque, unicamente.

Assim, baseando-se em tais preceitos e no que concerne ao fator estoque nas organizações, observa-se que a cada dia, o seu planejamento se torna um fator primordial e vital para a existência dos processos organizacionais, e que seu processo de otimização deve ser focado englobando toda a Cadeia de Suprimentos a qual faz parte, uma vez que os estoques abrangem os vários elos dessa Cadeia.

Uma das ferramentas da Pesquisa Operacional que modela as condições acima comentadas, abrangendo os diversos níveis hierárquicos, é a Programação Multinível, pois busca uma otimização considerando as variáveis de todos os níveis hierárquicos, de forma que se encontre um ponto ótimo que seja compartilhado por todos os níveis de uma Cadeia de Estoques, em particular.

A realização do estudo e desenvolvimento deste trabalho, teve sua motivação inicial no relatório técnico proposto por Laval e Neves (2003) intitulado “*Modelo de Programação Linear em Dois Níveis para Otimização de Estoques de Sobressalentes*”. Nesse trabalho, é proposto um modelo de Programação Linear em Dois Níveis, visando a otimização de Estoques de Peças de Reposição. Foi considerada uma Cadeia, composta por agentes para a tomada de decisão: os Centros de Manutenção e um Depósito Central. Assim, no primeiro nível de decisão, estariam os Centros de Manutenção, que buscam minimizar o número de pedidos atrasados e o desbalanceamento entre os níveis de serviço dos centros de manutenção, e no segundo nível, representado pelo Depósito Central, que buscava minimizar os custos de transporte e de manutenção dos estoques na cadeia de distribuição de sobressalentes.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado e disposto da seguinte maneira:

No **Capítulo 2 – Gestão de Materiais: Estoques**; faz-se uma abordagem geral sobre estoques, seu planejamento, controle, avaliação, os tipos de estoques, fatores a serem considerados no controle dos estoques, processos de controle clássicos, decisões de estoques como quanto e quando pedir, tipos de revisões e demandas de estoques.

No **Capítulo 3 – Logística, Cadeia de Suprimentos e Custos Logísticos**; são descritos o significado dos Processos Logísticos e os tipos de valores que proporcionam para o processo empresarial, o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e seus elementos, que envolve o Planejamento, Controle e suas vantagens. Finaliza o capítulo com uma abordagem dos Métodos Modernos de Custeio Logístico e suas aplicações as organizações.

No **Capítulo 4 – Pesquisa Operacional**; neste capítulo é apresentado um histórico da Pesquisa Operacional centrada na Otimização Matemática, partindo do modelo de Programação Linear; em seguida são apresentados comentários da versatilidade do modelo de Programação Multinível, e em particular do modelo de Programação Linear em Dois Níveis e suas possibilidades de aplicação.

No **Capítulo 5 – Contribuição para Ensino do Problema de Programação Linear em Dois Níveis**; neste capítulo é apresentada uma implementação computacional, com fins didáticos, que visualiza todos vértices viáveis de um modelo de Programação Linear em Dois Níveis, sem restrições no primeiro nível (PLDNP) e sua rodada em exemplos acadêmicos. Foi utilizado o software **Matlab 6** para a implementação de um procedimento inspirado no Algoritmo de Pontos de Equilíbrio de Campêlo e Scheimberg (2005), denominado (AIVV) Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis.

No **Capítulo 6 – Conclusões**; neste capítulo são referidas as experiências, dificuldades e conclusões do trabalho, bem como futuros trabalhos de pesquisa.

2. GESTÃO DE MATERIAIS: ESTOQUES

2.1 PROCESSOS DE PRODUÇÃO – GESTÃO DE ESTOQUES, SEU PLANEJAMENTO, CONTROLE E AVALIAÇÃO

E conhecido que os processos produtivos empresariais têm como função primordial a produção de bens e serviços para atender às necessidades dos consumidores. Para atingir esse objetivo de forma ótima, é necessária a produção de uma determinada quantidade de bens, de modo que o fornecimento dos bens aos consumidores seja atendido regularmente, caso estes sejam demandados, fazendo-se uso de canais de distribuição, para obtenção de tal objetivo.

Porém, fornecimento e demanda muitas vezes não estão em harmonia, surgindo então, a necessidade de se fazer estoques para não determinar a falta de produtos, caso haja uma demanda atípica. Segundo SLACK et al. (1997, p. 278-279)

Estoque é (...) uma acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação (...) não importa o que está sendo armazenado como estoque, ou onde ele está posicionado na operação, ele existirá porque existe uma diferença de ritmo ou de taxa entre fornecimento e demanda.

Conforme DAVIS, AQUILANO E CHASE (2001, p. 469)

Estoque é definido como sendo a quantificação de qualquer item, material ou recurso usado em uma organização. Um sistema de estoque é o conjunto de políticas e controles que monitora os níveis de estoque e determina: (a) quais níveis deveriam ser mantidos, (b) quando o estoque deveria ser repostado, e (c) o tamanho dos pedidos. (...) No seu escopo completo, o estoque pode incluir entradas de itens humanos, financeiros, energia, equipamentos, e físicos tais com matérias primas; saídas, tais como peças e componentes, e produtos prontos; e estágios intermediários do processo, tal como produtos parcialmente acabados ou estoque em processo (ou estoque intermediário).

Assim, não importa o que está sendo armazenado como estoque, ou onde ele está posicionado no processo de operação, ele sempre existirá porque existe uma diferença de ritmo entre produção\fornecimento e demanda.

Se a produção\fornecimento ocorresse exatamente quando fosse demandado, sendo aparado por um processo de distribuição eficiente, um item

nunca seria estocado, sendo tal política, denominada “*Just in Time*”¹. Deste modo, quando a taxa de produção/fornecimento excede à taxa de demanda, o estoque aumenta e, de forma contrária, quando a taxa de demanda excede a taxa de produção/fornecimento, o estoque diminui. Segundo GOEBEL (1996, p.3)

A função dos estoques no suprimento é agir como amortecedores entre suprimento e as necessidades de produção. Os benefícios gerados no sistema são: a garantia de maior disponibilidade de componentes para a linha de produção e a redução do tempo previsto pela administração para ter a disponibilidade desejada, além de permitirem a redução dos custos de transporte através de maiores embarques.

No entanto, as empresas têm uma atitude bilateral em relação aos estoques, pois, em um ambiente de grande complexidade e incerteza, ou em épocas de elevado grau de sazonalidade, eles proporcionam alguma segurança e suprem as necessidades oriundas de faltas imprevistas. Por outro lado, os estoques podem ser fontes de custos, se deterioram, ou ainda tornam-se obsoletos, e até mesmo podem empatar capitais que poderiam ser reinvestidos em outros fornecedores de lucros para a empresa, além de ocupar espaço físico que poderiam ser utilizados pela produção.

A definição supracitada trata os estoques de uma forma geral, isto é, estoques de produtos finais, estoques de insumos para produção e de estoque em processo de produção (*work in process*).

Segundo SLACK et al. (1997, p.281.) “As várias razões para o desequilíbrio entre a taxa de fornecimento e de demanda em diferentes pontos de qualquer operação produtiva leva a diferentes tipos de estoque”.

¹ *Just in Time*: “O *Just in Time* (JIT) é um sistema de produção que surgiu no Japão, nos meados da década de 70, sendo (...) seu desenvolvimento creditado à Toyota Motor Company. (...) sendo muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa “filosofia, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos (...), sendo que (...) as expressões usadas para traduzir os aspectos da sua filosofia são: produção sem estoque; eliminação de desperdício, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas e melhoria contínua dos processos;

E as suas vantagens e metas em relação aos demais sistemas de produção são: zero defeitos, tempo zero de preparação (SETUP), estoque zero, movimentação zero, quebra zero, *lead time* zero e lote unitário (uma peça); “

Fonte: OLIVEIRA, Paulo Renato da Cruz.
Disponível: <http://jasconsultoria.vilabol.uol.com.br/artigoJustinTime.htm>, (2000). Acessado: 03/05/2005

2.1.1 Tipos de Estoques

As empresas de produção de bens ou de serviços, apresentam processos produtivos onde existe uma diversidade de produtos estocados, dentre os quais os principais são: matérias primas, produtos em processos e produtos acabados. Porém para o efetivo planejamento e controle desses diferentes tipos de estoque faz-se necessária uma distinção de sua natureza e peculiaridade. Dessa forma pode-se classificá-los como:

1. **Estoques de matérias-primas:** são os materiais básicos estocados (insumos), necessários para a manufatura de um produto acabado;
2. **Estoque isolador (estoque de segurança):** tem como função primordial a compensação das incertezas inerentes entre fornecimento e a demanda;
3. **Estoque de ciclo (work in process ou work in progress):** esse tipo de estoque aparece quando um ou mais estágios na operação produtiva não podem fornecer todos os itens que produzem simultaneamente;
4. **Estoques de peças de manutenção ou reposição (sobressalentes):** devido ao alto custo incorrido nas interrupções de produção por falta de peças, cuja demanda é esporádica ou imprevista, deve-se considerar a existência deste tipo de estoque para atender às necessidades de máquinas e equipamentos dos processos produtivos;
5. **Estoques de produtos acabados (produtos manufaturados):** itens que já foram produzidos, mas que ainda não foram colocados no mercado. Podem ser de dois tipos, basicamente:
 - a. **Produtos manufaturados intermediários ou matérias-primas semimanufaturadas:** produtos manufaturados que servem de matérias-primas para fabricação de outros produtos, que podem ser finais ou não;
 - b. **Produtos manufaturados finais:** produtos manufaturados para venda especificamente, sendo estes vendidos e consumidos como produtos finais;
6. **Estoque de antecipação:** estoque utilizado para compensar as diferenças de ritmo entre fornecimento e demanda ditados por uma sazonalidade prevista, que é relatada através de registros históricos, antecipando assim a uma demanda futura;

7. **Estoque de canal (de distribuição) ou estoque em trânsito:** estoque utilizado para manter o material até o momento da distribuição, uma vez que, os produtos não podem ser transportados instantaneamente do ponto de fornecimento até o ponto de demanda. Assim, se o varejista receber encomenda de itens em consignação de um dos fornecedores, o mesmo vai alocar estoque para a loja de varejo em seu armazém, embalá-lo, carregá-lo em seus próprios caminhões, transportá-lo para seu destino, e descarregá-lo no estoque do varejista. Todo estoque em trânsito, é chamado de estoque no canal.

Assim, o posicionamento dos estoques também deve ser considerado em meio a uma grande Cadeia de Suprimentos e de processos de distribuição dinâmicos, sendo este fator um dos motivos para o desequilíbrio que existe entre a taxa fornecimento e de demanda, conforme afirma SLACK et al. (1997, p.282).

A seguir são assinalados os diversos sistemas de estoques e pontos de armazenagem, nas quais esse desequilíbrio pode existir. Dentre eles, observa-se diferentes estágios do processo produtivo e de distribuição:

1. **Sistema de estoques de estágio simples:** consiste no fornecimento de bens, um estoque, e posteriormente uma operação de venda ou de processamento;
2. **Sistema de estoques de dois estágios:** consiste no fornecimento de bens para um depósito central, a estocagem neste depósito e posteriormente a distribuição para pontos de distribuição locais, o estoque nestes pontos locais e depois finalmente é realizada a operação de venda;
3. **Sistema de estoque multiestágios:** consiste no fornecimento de bens para os estoques de entrada, ou seja, estocam-se as matérias primas ou insumos para posteriormente processá-las. Logo em seguida passa para o estágio de processamento das matérias-primas ou insumos, segmentando assim a fabricação dos componentes necessários à manufatura do produto final, gerando nesse estágio diversos tipos de estoques conhecidos como **estoques de ciclo (WIP – work in progress ou work in process)**, sendo cada estágio composto de várias fases em que o produto pode sofrer diversas mudanças, para que, finalmente possa se transformar no componente desejado para montagem do produto final, uma vez que não se podem fabricar tais componentes finais com somente um único processo. O próximo estágio é o chamado estágio final, nesta fase os componentes são alocados segundo a finalidade da manufatura

requerida ou do produto final que se deseja montar, para que finalmente se torne um produto manufaturado final, gerando assim, estoques dos mesmos para posterior venda de tais produtos;

4. **Sistema de estoque multiescalonado:** Consiste em um sistema de fornecimento de bens disposto em múltiplos escalões, cada escalão contendo seus próprios fornecedores, processos produtivos, estocagem e operação de venda para os escalões seguintes, formando muitas vezes em seus processos de distribuição, uma hierarquia de decisões até atingir o consumidor final.

Outra classificação dos estoques encontrada na Literatura, tomando em consideração o custo e o tempo, vão apresentar basicamente duas categorias quanto à rotatividade ou giro de estoques:

- a. **Estoques de giro regular (previsível):** são estoques que têm um giro ou periodicidade mais ou menos regular, num certo horizonte de tempo considerado, e são tratados seguindo o comportamento de uma distribuição normal. Nesta classificação pode-se considerar, por exemplo, os Estoques de Matérias Primas, Estoques de Produtos em Processos, Estoques de Produtos Acabados;
- b. **Estoques de giro irregular (imprevisível):** são estoques que, num horizonte de tempo considerado, não tem rotatividade regular e são representados, algumas vezes, como aderentes a uma distribuição de Poisson. Podem ser subdivididos em :
- ✓ **Estoques de baixo giro:** são os itens nos quais o consumo médio anual está entre 1 e 300 unidades por ano, WANKE (2002);
 - ✓ **Estoques de baixíssimo giro (estoques de sobressalentes):** são aqueles que apresentam um histórico de consumo médio inferior a uma unidade por ano, WANKE (2003);

2.2 FATORES A SEREM CONSIDERADOS NO CONTROLE DE ESTOQUES

Devido à grande complexidade do mundo atual e ao processo de globalização, as empresas com o objetivo de inovar, lançam novos produtos a cada dia, estando assim mais competitivas e preparadas, conseguindo sair na vanguarda e serem líderes de mercado.No entanto, os processos produtivos usam estoques para acumulação de seus bens, seja o de matérias-primas, estoques em processo

ou de produtos acabados, até o momento da entrega, venda ou distribuição. Baseando-se em tais premissas, tem-se que considerar o conceito de ciclo de vida do produto, porque está relacionado à tomada de decisão da melhor política a ser adotada no planejamento e controle de estoques.

2.2.1 Ciclo de vida dos produtos

O ciclo de vida de um produto, pode ser definido como o tempo de vida útil e/ou de demanda. Em sua versão atual, onde são incorporadas atitudes a favor do ambiente, compreendem produtos na fase de extração e o processamento de matérias-primas na fase de fabricação, transporte e a distribuição. Na fase de uso, manutenção, reciclagem ou reutilização até a disposição final, conforme afirma SETAC (1993).

Devido às pesquisas tecnológicas em contínuo desenvolvimento, os produtos estão freqüentemente sofrendo mudanças, fazendo que o ciclo de vida útil se torne mais curto, fazendo-se necessária uma rotatividade dos estoques, de forma que se consiga vender aquilo que se produziu. Segundo GOEBEL (1996, p. 3)

A necessidade de controlar os estoques deve-se à grande influência que têm na rentabilidade das empresas. Absorvem capital que poderia ser utilizado alternativamente e, por isso, aumentam sua a rotatividade do estoque liberando recursos e economizando o custo de manutenção de inventário.

E, acrescenta DIAS (1995, p. 77-78), que a rotatividade é passível de ser quantificado

A rotatividade ou Giro de Estoque é uma relação existente entre o consumo anual e o estoque médio do produto. (...) Rotatividade = Consumo Médio Anual / Estoque Médio. A rotatividade é expressa no inverso de unidades de tempo ou em 'vezes', isto é, 'vezes' por dia, ou por mês, ou por ano. (...) Para fins de controle deve-se determinar a taxa de rotatividade adequada à empresa, (...) sendo bastante recomendável que, ao determinar o padrão de rotatividade, se estabeleça um índice para cada grupo de materiais que corresponda a uma mesma faixa de preço ou consumo. O critério de avaliação será determinado pela política de estoques da empresa.

Dessa forma, observa-se que o acúmulo de estoques por um período muito longo, sem que haja venda dos mesmos, pode fazer com que aquele produto se

torne obsoleto e não consiga dessa forma, depois de algum período de tempo, que a sua venda seja efetuada.

Este ciclo pode ser representado como uma curva que retrata o seu tempo de vida útil, possuindo fases relevantes que servem de marco ou ponto de referência para a sua existência, desde o seu nascimento até a sua morte, assim como os seres biológicos. Tais fases são comuns para todos os tipos de produtos, e se revelam da seguinte forma:

1. Estágio de Surgimento ou Introdução;
2. Estágio de Desenvolvimento ou Crescimento;
3. Estágio de Maturidade e;
4. Estágio de Declínio e Rejuvenescimento;

O ciclo de vida de produto hoje, em um mundo dinâmico e globalizado, sem barreiras ou fronteiras demarcatórias preestabelecidas pela comunicação eletrônica, é de fator extremamente relevante e de reconhecida importância, pois denota como as ondas de mercado fluem, mostrando como as tendências são emergentes, e como o grau de obsolescência torna-se a cada dia mais presente em nossas vidas.

No que tange aos processos dinâmicos através de propagandas, as pessoas são estimuladas pelo que um determinado produto poderá proporcionar-lhes a mais. Dessa forma, o ciclo de vida dos produtos é diminuído, e como consequência ocorre a substituição de um bem, por outro que lhe proporcione melhor comodidade de utilização, e dê um retorno em relação aos seus novos anseios. Segundo KOTLER (1998, p.310)

O produto existe como uma solução entre muitas para atender a uma necessidade, e esta é a razão primordial de sua existência. Sendo que há inicialmente um estágio de surgimento da demanda/tecnologia, seguido dos estágios de crescimento acelerado, crescimento desacelerado, maturidade, e declínio.(...) Quando uma necessidade é satisfeita por uma nova tecnologia (...) surge outra necessidade formando assim um processo cíclico. Dessa forma (...) normalmente cada nova tecnologia satisfaz a necessidade anterior de maneira superior.

Assim, a tecnologia penetra na cadeia de valores e a inovação pode ter importantes implicações estratégicas tanto para companhias de baixa e alta tecnologia. Assim, segundo PORTER (1999, p.22)

(...) a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu meio ambiente. Embora o meio ambiente relevante seja muito amplo, abrangendo tanto as forças sociais como econômicas, o aspecto principal do meio ambiente da empresa é a indústria ou as indústrias em que ela pertence.

Cada nova tecnologia exhibe um ciclo de vida que conseqüentemente mostra as fases de sua existência, sendo que, dentro de um dado ciclo de demanda tecnologia aparecerá uma sucessão de formas de produtos que satisfaçam a necessidade específica na ocasião, assim como *designs* que denotarão a evolução do produto. Dessa forma, especificando uma política eficaz de estoque, bem como um aparato Logístico para as vendas, de forma que possa se encontrar a otimização dos processos, pode-se então explorar todo o ciclo de vida de um determinado produto.

No contexto de Ciclo de Vida do Produto (CVP), podem-se vislumbrar os vários estágios distintos no histórico de vendas de um determinado produto, como seus marcos evolutivos. Correspondendo a estes estágios estão: as oportunidades de alavancagem de vendas, as ameaças ambientais e os problemas distintos relacionados à estratégia de marketing, o potencial de lucro gerado pela produção, a estocagem dos produtos produzidos, o processo de distribuição dos produtos e suas limitações para com o respectivo valor de demanda apresentado.

Ao identificar o estágio em que o produto se encontra, ou seu estágio aproximado, devem-se observar os fatores que o caracterizam, de forma a projetar a melhor política de estoque e de distribuição referente a cada estágio. Geralmente, os estágios são caracterizados pela posição, onde as taxas de crescimento ou de declínio de vendas tornam-se pronunciado, e baseado em tais informações as empresas podem formular planos mais concisos, concretos, e com menor probabilidade de erros, para posteriores formulações de planos de marketing, estratégias de produção, estoques e distribuição que norteiem os caminhos e as posteriores decisões que devam ser tomadas. KOTLER (1998, p. 308), diz que os produtos possuem um ciclo de vida, e apresentam quatro características:

- a. Os produtos têm vida limitada, ou seja, seu tempo ótimo de utilidade pode ser de algumas semanas, alguns meses ou de alguns dias;
- b. As vendas do produto passam por estágios distintos, cada um oferecendo diferentes desafios para a empresa vendedora e as estratégias implementadas para se buscar o máximo de lucro possível em cada estágio;
- c. Os lucros crescem e diminuem nos diferentes estágios do ciclo de vida do produto;

d. Os produtos requerem estratégias diferentes de marketing, finanças, produção, compras e de recursos humanos diferentes em cada estágio de seu ciclo de vida;

Assim, os produtos cumprem quatro estágios básicos: introdução, crescimento, maturidade e declínio:

1. **Introdução** – Período de crescimento lento, das vendas, à medida que o produto é introduzido no mercado. O lucro é inexistente ou muito pouco acentuado neste estágio porque as despesas de lançamento são grandes. Segundo KOTLER (1998, p.315), “o estágio de introdução começa quando o novo produto é lançado.”
2. **Crescimento** – Período de rápida aceitação de mercado e de crescimento de venda além de ascendente melhoria substancial do lucro. Segundo RICHERS (1990, p. 228)

Durante a introdução, os lucros são nulos ou mínimos, mas tendem a aumentar e atingir o seu auge durante a fase de crescimento. Já na fase de maturidade, os esforços para manter o produto no mercado tendem a exercer uma pressão para baixo sobre as margens, pressão essa que evidentemente se intensifica durante o declínio, de modo que muitos produtos que ainda permanecem no mercado nessa fase final já são deficitários. O produto costuma ser verdadeiramente lucrativo apenas na fase de crescimento. (...) É quando a empresa dispõe de recursos e tempo para pensar em inovações que no futuro venha a substituir produtos que hoje se encontram no topo.

3. **Maturidade** – Período de redução do crescimento, porque o produto foi aceito pela maioria dos compradores potenciais. O lucro estabiliza-se ou entra em declínio em função do aumento de despesas de marketing para defender o produto contra a concorrência e mantê-lo no patamar em que se encontra. A maturidade descreve um estágio de crescimento lento de vendas e a saturação e um estágio de vendas constantes após ter atingido o pico da existência de um produto. Em algum ponto, a taxa de crescimento de vendas de um produto se estabilizara, e ele entrará no estágio de maturidade relativa, e com isso, conforme ROCHA e CHRISTENSEN (1999, p.213)

A maturidade é definida como o período em que a demanda pelo produto se estabiliza, apresentando assim crescimento vegetativo. A oferta permanece bastante estável, e pouca empresa se aventura a entrar no mercado.

Normalmente este estágio demora mais que o de crescimento, e apresenta grandes desafios para a administração de marketing, pois a grande maioria dos produtos encontra-se no estágio de maturidade do ciclo de vida. Segundo KOTLER (1998, p.320)

O estágio de maturidade pode ser dividido em três fases. Na primeira maturidade do crescimento, cuja taxa de crescimento de vendas começa a declinar, pois agora não há novos canais de distribuição para serem atendidos, embora alguns compradores retardatários ainda entrem no mercado. Na segunda fase, maturidade estabilizada, as vendas se nivelam em uma base *per capita* devido à saturação do mercado. A maioria dos compradores potenciais já experimentou o produto e as vendas futuras são governadas pelo aumento da população e substituição da demanda. Na terceira fase, maturidade decadente, o nível absoluto de vendas começa a declinar e os consumidores começam a mudar para outros produtos ou substitutos.

4. Declínio e Rejuvenescimento – Período quando as vendas mostram forte queda e o lucro decresce substancialmente ou tende a desaparecer. Nesta fase as vendas da maioria das formas de produtos e marcas declinam e, com isso, conforme afirma LAS CASAS (2001, p. 109)

Quando os fabricantes ou comerciantes percebem que seus produtos estão entrando na fase de declínio, procuram estender o seu ciclo de vida ao máximo, incluindo novidades, mudando a campanha promocional ou mesmo buscando novo posicionamento.

As vendas declinam por inúmeras razões, incluindo avanços tecnológicos, mudança nos gostos dos consumidores e aumento da competição doméstica por entrada de concorrentes estrangeiros. Todas estas razões levam a um excesso de capacidade de produção, redução de preços e erosão do lucro. À medida que as vendas e os lucros declinam, algumas empresas se retiram do mercado. Aquelas remanescentes podem reduzir o número de produtos. Podem retirar-se dos segmentos menores e abandonar os canais de comunicação fracos. Podem reduzir o orçamento de promoção e baixar os preços.

O produto fraco pode consumir tempo desproporcional da administração. Frequentemente, ele exige ajustes de preços e de estoque e, geralmente, envolvem pequenos lotes de produção e o conseqüente alto custo de ajuste de maquinário. Exige atenção de propaganda e força de vendas que pode ser mais bem empregada para tornar os produtos “saudáveis” mais rentáveis. Sua inadequação às exigências do mercado pode causar insatisfação aos consumidores e ofuscar a imagem da empresa. O mais alto custo pode surgir no futuro. Evitar a eliminação de produtos fracos pode atrasar a busca agressiva por produtos substitutos.

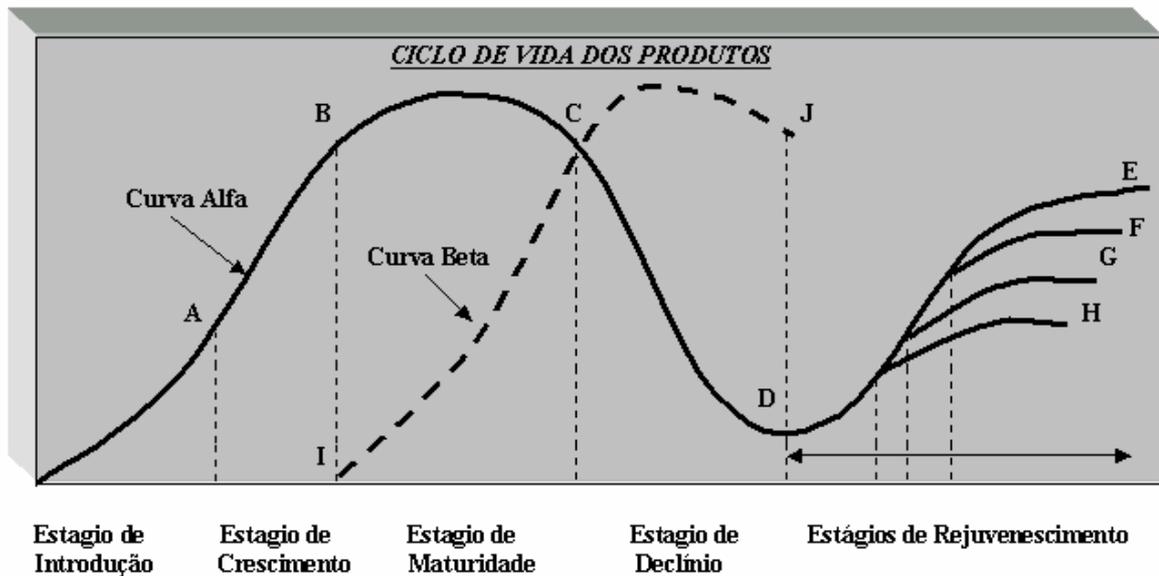


Figura 01: Estágios do ciclo de vida dos produtos

Fonte: Adaptado de KOTLER (1998, p.327)

A partir da figura 01, observa-se que os Estágios de rejuvenescimentos não possuem uma forma ou segmentação específica ou ainda um padrão para o qual um produto possa tomar uma certa vertente. Assim, uma forma de abordagem neste estágio é pensar em processos de recuperação, que seria uma forma aos quais direcionariam os produtos em declínio para encontrar um certo segmento de utilidade, após a verificação de indicações de fraqueza, e que pode ser uma boa opção para implementar um tipo de Logística Reversa², como será apresentado no capítulo 3.

2.2.2 Curva ABC

Em uma empresa de grande porte, na grande maioria das vezes, irão existir dezenas, centenas, ou até mesmo milhares de itens estocados que deverão ser controlados. Dessa forma, ficaria difícil manter o controle total de uma grande quantidade de bens devido à sua grande diversidade, o que implicará, graus de obsolescência variados, níveis de validades diferentes, ou ainda qual a estratégia

² **Logística Reversa** - atividade logística em que uma empresa se ocupa da coleta de seus produtos usados, danificados ou ultrapassados, embalagens e/ou outros resíduos finais gerados pela produção. A logística reversa inclui a distribuição reversa, que faz com que os fluxos físicos, informacionais e financeiros sigam na direção oposta das atividades logísticas usuais. São as atividades e habilidades gerenciais logísticas que se relacionam com a administração, redução e disposição de resíduos/detrítos, perigosos ou não, derivados de produtos e/ou embalagens;

que deve ser adotada para escoamento dos estoques devido às prioridades de vendas. Segundo SLACK et al. (1997, p.297)

Lidar com muitos milhares de itens estocados, fornecidos por muitas centenas de fornecedores, com possivelmente dezenas de milhares de consumidores individuais, torna a tarefa de operações complexa e dinâmica.

Dessa forma, deve-se traçar uma estratégia que seja eficaz, de forma que os estoques sejam otimizados da melhor maneira possível, ou seja, obter o melhor controle que reduza os custos e aumente os lucros, além de controlar essa complexidade e variedade de itens em estoque.

Em qualquer estoque que contenha mais de um item, alguns deles serão mais importantes para a organização do que outros, devido ao seu valor monetário, ou taxa de uso muito alta, por exemplo. Assim, uma forma de diferenciar os vários itens em estoque seria fazer uma listagem dos mesmos, de modo que sua classificação estivesse em torno de suas movimentações de valor. Dessa forma, os itens com movimentação de valor alta seriam tratados de forma mais cuidadosa, enquanto os itens de movimentação de valor baixo não precisariam ser tratados com tanto rigor e cuidado. Porém, de uma forma geral, pode-se observar que uma pequena proporção dos itens totais que fazem parte do estoque representa muitas vezes uma grande importância no valor do estoque como um todo. Assim, estes itens teriam um tratamento especial em relação aos demais. Segundo DAVIS et al. (2001, p.489)

Manter o estoque através da contagem, fazendo pedidos, recebendo materiais, e assim por diante custa tempo de pessoal e dinheiro. Quando existem limites nestes recursos, como é na maioria dos casos, o movimento lógico é tentar usar os recursos disponíveis para controlar o estoque da melhor maneira possível. Em outras palavras, focalizar nos itens mais importantes do estoque.

Assim, o princípio de classificação ABC³ é um tipo de classificação que foi desenvolvido por VILLEFREDO PARETO apud DAVIS, et al. (2001, p.489), que em 1897 estudou sobre a distribuição de renda ou riqueza na cidade de Milão. Através deste estudo, percebeu-se que a distribuição de riqueza não se dava de maneira uniforme, mas que havia uma grande concentração de riqueza (aproximadamente de 80%) nas mãos de uma pequena parcela da população (aproximadamente de 20%). Dessa forma, tal princípio de análise tem sido estendido a outras áreas e

³ Lei de Pareto, regra ou curva do 80/20

outras atividades, tais como, a industrial e a comercial, sendo mais amplamente aplicado a partir da segunda metade do século XX. Conforme DIAS (1995, p.85)

A curva ABC é um importante instrumento para o administrador; ela permite identificar aqueles itens que justificam atenção e tratamento adequados. Obtém-se a curva ABC através da ordenação dos itens conforme a sua importância relativa.(...) A curva ABC tem sido usada para a administração de estoques, para a definição de políticas de vendas, estabelecimento de prioridades para a programação da produção e um série de outros problemas usuais na empresa.

A Curva ABC é uma ferramenta gerencial, embasada no Princípio de PARETO, que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa. Esta ferramenta consiste da separação dos itens de estoque em três grupos de acordo com o valor monetário. Esse valor monetário é obtido multiplicando-se o preço ou custo unitário de cada item pela sua taxa de uso. Como resultado de uma típica classificação ABC, três classes segundo RITZMAN e KRAJEWSKI (2004, p. 299)

- ✚ **Itens da Classe A:** são os que possuem um alto valor, cerca de 80% a 65% do valor total do estoque e representam uma proporção de aproximadamente de 20%;
- ✚ **Itens da Classe B:** são os que possuem um valor médio ou intermediário de 10% a 25% do valor total do estoque e representam uma proporção de aproximadamente 30%;
- ✚ **Itens da Classe C:** são os que possuem um valor baixo, cerca de 10% do valor total do estoque e representam uma proporção de aproximadamente 50% ;

Segundo GITMAN (2001, p.536)

Dividindo o estoque em itens A, B e C a empresa pode determinar o nível e os tipos de procedimentos de controle de estoque necessários. O controle dos itens A deve ser mais intenso devido ao alto investimento em unidades monetárias envolvido. O uso de registro permanente de estoque, que permite um monitoramento diário desses níveis de estoque é apropriado. Os itens B são freqüentemente controlados através de checagens periódicas – possivelmente semanalmente – de seus níveis. Os itens C podem ser controlados através do uso de procedimentos rudimentares, tais como os métodos da linha de aviso, no qual um novo pedido de compra é feito quando um estoque suficiente foi removido de uma caixa contendo o item do estoque, expondo uma linha de aviso traçada internamente em torno da caixa. O modelo de Lote Econômico de Compra (LEC),(...) é apropriado para o uso no monitoramento A e B.

Pode-se observar que apesar da conjectura clássica de três classes ser válida como padrão da Curva ABC, a classificação não deve ter como regra rígida ser composta por apenas três classes, aplicando assim um número de classes necessários à realidade de cada organização.

O que o princípio de classificação ABC deve refletir é a dificuldade de controle de um item e o seu impacto sobre os custos e a rentabilidade das empresas, sabendo que de certa maneira, tais custos e sua respectiva rentabilidade podem variar de empresa para empresa. Apesar do método da Curva ABC ser usualmente ilustrada através do valor monetário do item, este é apenas um dos variados critérios que podem aferir a classificação de um item, podendo-se também utilizar, por exemplo, o valor da demanda anual ou consumo anual, custos de falta de material, análise de falhas ocorridas, etc. Segundo PINTO e XAVIER (2003, p.122-123)

O MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), da GQT (Gestão da Qualidade Total) incorpora a Análise de Pareto, sendo esta uma ferramenta excelente para esse tipo de análise. Praticamente a Análise de Falhas Ocorridas segue a Lei de Pareto: 20% ou menos dos eventos de falhas representam 80% das perdas (ou custos). Isso indica que as técnicas de análise de falha devem ser aplicadas, tão-somente, nos itens “mais importantes” segundo essa classificação, o que motiva pela aplicação de recurso em coisas prioritárias.

2.2.3 Métodos de avaliação de estoques

Um processo eficaz de avaliação e controle de estoques incluirá o valor das matérias primas, dos produtos em processo de fabricação e dos produtos acabados, sendo estes os tipos básicos de estoques, segundo DIAS (1995).

Existem métodos eficazes para a avaliação e controle de estoques que possuem como características principais uma simplicidade muito grande de aplicação e avaliação. Tais métodos são: A avaliação pelo método PEPS (FIFO), avaliação pelo método UEPS (LIFO), avaliação pelo método de Custo de Reposição (NIFO) e avaliação pelo método de Custeio Médio de Estoque.

2.2.3.1 Método de avaliação FIFO

O método de avaliação FIFO (*First In, First Out*) supõe que a primeira unidade que faz sua entrada no inventário é vendida primeiramente, ou seja, sairá o material que primeiro integrou o estoque, sendo que será substituído na mesma ordem cronológica que foi recebido, observando que no ato de entrada no estoque seu custo real deverá ser considerado. Segundo DIAS (1995, p.163)

Quando o giro de estoques ocorre de maneira rápida ou quando as oscilações normais nos custos podem ser absorvidas no preço do produto, ou quando se dispõe de material que esteja mantido por longo prazo, esse tipo de avaliação serve também para substituir os estoques. Conseqüentemente, os estoques são mantidos em contas do ativo, com valores aproximados dos preços atuais de mercado.

Esse método de avaliação se assemelha a uma fila (*queue*) na qual, o primeiro item que entra em estoque é conseqüentemente o primeiro que sai. Se por exemplo, no 2º dia útil de um certo mês entraram em estoque X unidades, a preço unitário de Y, e no 8º dia útil do mês corrente entraram em estoque mais W unidades, ao preço unitário de $2*Y$, tem-se então uma certa quantidade em estoque. Se no 9º dia útil, houver vendas, a quantidade que deverá sair do estoque, será aquela referente às unidades X que entraram ao preço unitário de Y primeiramente, para que, somente após exaurir toda quantidade X do estoque, é que se poderão vender as respectivas unidades W ao preço de $2*Y$.

2.2.3.2 Método de avaliação LIFO

O método de avaliação LIFO (*Last In, First Out*) supõe que a última unidade que faz sua entrada no inventário será vendida primeiramente. Tal método é o que mais se aproxima do preço de mercado, pois a base neste caso é o preço da última compra. Conforme DIAS (1995, p.164)

Este método de avaliação considera que devem em primeiro lugar sair as últimas peças que deram entrada no estoque, o que faz com que o saldo seja avaliado ao preço das últimas entradas. Tal método é mais adequado em períodos inflacionários, pois uniformiza o preço dos produtos em estoque para venda no mercado consumidor.

Esse método de avaliação se assemelha a um empilhado ou pilha (*stack*). Dessa forma, se por exemplo, uma organização teve uma entrada em estoque no 3º dia útil de um determinado mês, de X unidades de um produto, ao preço unitário de Y, e no 5º dia útil do mês, teve uma entrada de W unidades do mesmo produto, ao preço unitário de $1.5*Y$, dessa forma, tem-se X+W unidades em estoque. Se no 7º dia útil do mês corrente, houver uma saída de uma certa quantidade Z, tal quantidade Z deverá conter primeiramente as unidades de W, mesmo que não sejam vendidas de uma só vez, ao preço unitário de $1.5*Y$, para somente depois, que todas estas unidades sejam vendidas, poderão ser usadas as unidades de X ao preço Y.

2.2.3.3 Método de avaliação NIFO

O método de avaliação NIFO (*Next In, First Out*), ou ainda mais comumente conhecido como Método de Avaliação pelo Custo de Reposição é um método de avaliação de estoques que tem por base a elevação dos custos a curto prazo em relação à inflação. Ele considera que o valor do próximo produto a ser adquirido é aquele que servirá de base para a avaliação de estoque. Esse método é considerado ideal em economias inflacionárias. Assim, se uma empresa tem um estoque com X unidades, a um preço unitário de Y, e por exemplo, espera-se para o próximo bimestre um acréscimo nos preços de Z% nos preços de mercado, então o reajuste para o próximo bimestre será feito em Z% no custo unitário de reposição, resultando o preço unitário do produto igual a $(Y + Y*Z\%)$;

2.2.3.4 O Método de Avaliação de Custeio Médio de Estoques

Esse método de avaliação também denominada Custo Médio, é o método de maior frequência no mercado. Baseia-se no preceito de que os preços de todas unidades retiradas são o preço médio do suprimento do item. O método de Custo Médio, segundo DIAS (1995, p.162), “age como um estabilizador, pois equilibra as flutuações de preços. (...) Em longo prazo, reflete os custos reais de das compras de materiais. “

Por exemplo, se tiver uma entrada no 3º dia útil de um certo mês, de X unidades em estoque ao preço Y por unidade, resulta um valor total de estoque de $(X * Y)$, sendo que o seu valor em estoque será igual a $[(X * Y) / X]$, que em um primeiro momento será igual a Y. No entanto se no 8º dia útil do mesmo mês corrente tiver mais uma entrada em estoque de W quantidades a um preço unitário de Z, o nosso preço de venda, baseando-se nos preceitos do custeio médio $\{ [(X * Y) + (W * Z)] / (X + W) \}$. Assim, o preço unitário que denotará uma saída no 7º dia útil do mês corrente em estoque será de Y, sendo tal preço diferente de uma saída no 10º dia útil do mesmo mês corrente que será de $\{ [(X * Y) + (W * Z)] / (X + W) \}$.

2.3 DECISÕES DE ESTOQUE

Em cada ponto do sistema de estoques (de qualquer tipo de estoque) os gerentes de produção precisam gerir as tarefas do dia-a-dia de seus sistemas. Pedidos de itens de estoques serão recebidos dos consumidores internos e externos; os itens serão despachados e a demanda vai gradualmente exaurir o estoque. Assim, serão necessárias colocações de pedidos para reposição de estoques, entregas vão chegar e requerer armazenamento. No gerenciamento do sistema, os gerentes de produção estão envolvidos em três principais tipos de decisão, conforme afirma SLACK et al. (1997):

1. **Quanto pedir (decisão de volume de ressuprimento)** - Determinar “quanto” de estoque será necessário por um período pré-determinado (quantidade de itens), ou seja, cada vez que um pedido de reabastecimento é colocado, de que tamanho ele deve ser;
2. **Quando pedir (decisão de momento de reposição)** - Determinar “quando” se devem reabastecer os estoques (periodicidade), ou seja, em que momento, ou em que nível de estoque o pedido de reabastecimento deveria ser colocado;
3. **Como controlar o sistema** - Que procedimentos e rotinas devem ser implantados para ajudar a tomar essas decisões?
 - a. Determinar o quê deve permanecer em estoque (diversidade de itens);
 - b. Quando acionar o departamento de compras para executar aquisições;
 - c. Receber, armazenar e atender os materiais estocados de acordo com as necessidades;
 - d. Identificar e retirar dos estoques os itens obsoletos ou danificados;

- e. Diferentes prioridades deveriam ser atribuídas a diferentes itens do estoque;
- f. Como a informação sobre estoque deveria ser armazenada;

2.3.1 Decisão de volume de ressuprimento – Quanto pedir

No gerenciamento de estoques são tomadas decisões de quantidade a pedir, isto é, quanto comprar em cada momento. No entanto na tomada dessa decisão depara-se com dois fatores que devem ser considerados: o custo de comprar e o custo de manutenção, SLACK et al. (1997).

No custo de comprar, uma decisão óbvia seria manter muito pouco ou nenhum estoque e somente comprar cada item quando fosse necessário. A vantagem desse tipo de abordagem é que não se despenderia grande quantidade de recursos além do necessário, gastando somente o que for realmente preciso para não haver faltas e assim não acumulando estoque, evitando custos associados a mantê-los. Porém, a grande desvantagem dessa abordagem seria o dispêndio de tempo, tanto de deslocamento para comprar os itens necessários, bem como no levantamento do que é necessário, fazendo então essa política inconveniente além de não muito atrativa.

No custo de manutenção, pode-se optar por comprar uma quantidade que seja suficientemente necessária para um dado tempo (semanas e/ou meses, dependendo do tipo de itens a serem estocados), gerando assim uma determinada quantidade de estoques. A vantagem dessa abordagem é que os tempos e os custos em fazer as compras são pouco freqüentemente. A principal desvantagem é que haveria um dispêndio de investimentos muito elevado, empatando assim o dinheiro que poderia posteriormente ser investido em outros benefícios para a empresa, como aplicações financeiras, bens, etc. Outra desvantagem seria que os custos para armazenar grandes quantidades de estoque seriam altos.

Assim, uma estratégia muito usada para se ter uns níveis ótimos de estoque, que minimiza os custos totais de armazenagem e o esforço envolvido na compra, e ao qual é extensamente explanada na Literatura, é o chamado LEC⁴.

⁴ LEC - Lote Econômico de Compras

2.3.2 Custos de estoques

Na tomada de decisão de quanto comprar, é necessário em primeiro lugar identificar os custos que serão afetados pela decisão. Desse modo, identifica-se os custos que se tornam mais relevantes:

1. **Custo de colocação de pedido ou custo de pedido** – Esse tipo de custo é oriundo de cada colocação de pedido de abastecimento de estoque junto aos fornecedores, com isso ocasionando algumas transações que geram custos para a empresa. Destacam-se: tarefas de escritório, de preparo de pedido e demais documentações, tais como: pesquisa de mercado junto aos fornecedores, preparação e verificação de orçamentos, arranjo para a entrega e para pagamento de fornecedor, e demais custos necessários para manter as informações atualizadas, GITMAN (2001)
2. **Custo de desconto de preços** – Em muitas indústrias, principalmente grandes atacadistas, os fornecedores oferecem descontos sobre o preço normal, na compra de grandes quantidades e alternativamente, eles podem impor custos extras para pequenos pedidos;
3. **Custo de falta de estoque** – Esse tipo de custo pode causar graves conseqüências para uma empresa, pois se a decisão da quantidade de estoque não estiver condizente com a quantidade demandada e faltar produtos perante uma grande demanda, haverá custos incorridos pela falta de produtos;
4. **Custo de capital de giro** – Logo após que um pedido de reabastecimento é colocado junto aos fornecedores, estes vão demandar o pagamento de seus bens, da mesma forma que quando nossos próprios produtos são fornecidos para os consumidores, havendo assim uma demanda pelo recebimento dos produtos vendidos. No entanto, certamente haverá um lapso de tempo entre pagar os credores e receber o pagamento dos devedores, sendo que durante esse tempo deve-se ter os fundos suficientes para os custos de manutenção dos estoques, utilizando assim o capital de giro. Assim os custos de capital de giro podem ser basicamente duas formas:
 - a. **Juros para pagamento por empréstimos** – Uma vez que a empresa não dispõe de todo ou parte do recurso para poder sanar suas dívidas com seus fornecedores, faz-se necessário adquirir empréstimos com

financeiras ou bancos, e estes, por sua vez, cobram juros por tais empréstimos;

- b. **Custos de oportunidade** – São os custos oriundos de investimentos em bens imobilizados, ou seja, é o quanto a empresa sacrificou de seu capital e/ou ativos financeiros em estoques ao invés de ter aplicado tais recursos em uma alternativa diferente. Assim é o quanto se deixou de ganhar por não ter aplicado aquele valor em outra forma de investimento. O Custo de Oportunidade representa, para MARTINS (1984) apud CARASTAN (2002)

O quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de em outra; (...) é o quanto se deixou de ganhar por não ter aplicado aquele valor em outra forma de investimento;

5. **Custo de armazenagem ou custos de manutenção** – São custos associados à armazenagem e à manutenção de bens físicos estocados. Segundo GITMAN (2001, p.536-537)

Custos de manutenção são os custos variáveis por unidade de se manter um item no estoque, por um período de tempo específico. Custos de manutenção incluem custos de armazenagem, seguro, deteriorização e de tornar-se obsoleto, assim como o mais importante, o custo de oportunidade de imobilizar recursos em estoque. Uma regra estimativa freqüentemente citada sugere que o custo de manutenção de um item em estoque por 1 ano é entre 20% a 30% do seu custo (valor).

6. **Custo de obsolescência** – Se os itens permanecerem grandes períodos de tempo em estoque, poderá ocorrer a obsolescência de tais bens, devido ao lançamento de novos bens com as mesmas funcionalidades dos antigos e com mais facilidades e inovações, como outras novas funcionalidades, agregando mais valor aos bens novos e fazendo com que o ciclo de vida dos bens em estoque cheguem ao declínio, e conseqüentemente tenham queda no valor de tais itens estocados. Tais fatores geram custos de obsolescência para empresa e perdas, pois o capital inicial investido em estoques não terá os retornos desejados, gerando muitas vezes prejuízos graves, como por exemplo: a venda de item por um preço inferior ao que foi comprado, ou então perda do item por não conseguir vendê-lo;
7. **Custo de deteriorização** – Esse custo está associado à deteriorização do bem armazenado em estoque devido às condições que os itens estão estocados, tais

como: falta de refrigeração adequada, climatização, falta de limpeza, manutenção corretiva, preventiva, preditiva, condições de locação ou instalações, etc;

8. **Custo de ineficiência de produção** – Conforme a teoria do *Just in Time*, altos níveis de estoques impedem de ver a completa extensão dos problemas dentro da produção;
9. **Custo do Item, custo unitário ou preço unitário** - É o custo de comprar ou produzir uma unidade do item, a qual se torna muitas vezes relativa à quantidade fabricada. Assim, o custo de fabricar uma pequena quantidade de itens na empresa, é bem maior do que o custo de fabricar uma grande quantidade, pois em grandes quantidades as empresas ganham em economia de escala, além de poderem reduzir o preço de venda do produto, aumentando assim a quantidade produzida. GOEBEL (1996, p.7)

A escolha da melhor alternativa Logística e que acarretara menores custos nos estoques depende do conhecimento dos custos a considerar, o que incluem: custos diretos e indiretos, fixos e variáveis, custo de oportunidade, custo médio e marginal.

Assim, além dos diferentes custos relacionados unicamente a estoques considerados anteriormente, há também custos relacionados ao processo, dentre os quais pode-se ter:

- a. **Custos diretos** - São aqueles intimamente relacionados à atividade em si e existem só em função da referida atividade;
- b. **Custos indiretos** - São aqueles que ocorrem queira a atividade exista ou não, embora tenha uma relação funcional com a referida atividade e variem com esta atividade em algum sentido;
- c. **Custos fixos** – Tais custos permanecem para qualquer nível de produção dentro de uma determinada escala selecionada;
- d. **Custos variáveis** – São os custos que, por sua vez, variam diretamente com o nível de produção, ou seja, são inerentes ao processo produtivo;
- e. **Custos médios** – São aqueles representados pela soma dos custos fixos e variáveis divididos pela quantidade produzida; primeiro decrescem e depois sobem, ou seja, têm formato em U porque os rendimentos proporcionados pelo conjunto dos fatores de produção não são constantes;

- f. **Custo marginal** – É aquele que decorre da produção de uma unidade adicional, ou seja, quanto o custo total aumenta em virtude da produção de uma unidade adicional;

2.3.3 Estratégias de postergação para gerenciamento do risco de manutenção de Estoques

A gestão do risco relacionado à posse e manutenção de estoques ao longo do tempo é um conceito muito importante aplicado a Cadeias de Suprimentos, ao processo Logístico e ao seu gerenciamento. Segundo WANKE (2003)

O risco engloba basicamente três fatores: Ciclo de vida dos produtos, cada vez mais curtos; a proliferação de SKUs⁵, introduzindo novos produtos de difícil previsão, dificultando a previsão da demanda original agregada e a segmentação crescente de mercados, com a abertura de novos centros de distribuição para a garantia de um nível de serviço (...);

Tais fatores devem ser considerados para tomada de decisões de alocação (localização) e reposição (quanto, quando e como) dos estoques. Tem-se buscado um esforço para aumento da previsibilidade da demanda nas cadeias de suprimentos, reduzindo o desvio padrão através do processo de informação das vendas em tempo real junto aos consumidores. Alguns exemplos são: ECR (*Efficient Consumer Response*), DRP (*Distribution Resources Planning*), EDI (*Electronic Data Interchange*) ERP (*Enterprise Resource Planning*), *Just in Time*, etc.

Além do acesso às informações em tempo real, existem outras 3 formas de prever a demanda em um dado estágio da Cadeia de Suprimentos. Assim, as informações são atreladas ao processo distribuição como forma de cobrir a demanda:

- A. **Postergação (*postponement*) da distribuição física** – Consiste na centralização dos estoques retardando sua movimentação com relação ao destino final, dando origem às políticas de postergação (*postponement*) da distribuição física;

⁵ SKU - Stock Keeping Unit ou Unidade de Manutenção de Estoques, ou item de estoque. Representa a unidade para a qual as informações de venda e de gestão de estoque são mantidas. Pode ser uma unidade de consumo/utilização de um produto ou uma embalagem com várias unidades do mesmo. Representa um determinado item em um local específico. Por exemplo, se determinado produto é estocado em diferentes locais, cada combinação desse produto em um ponto de estocagem é uma SKU diferente. Disponível em: <http://pessoal.onda.com.br/razzolini/glolog.html> . Acessado em: 05/08/2005.

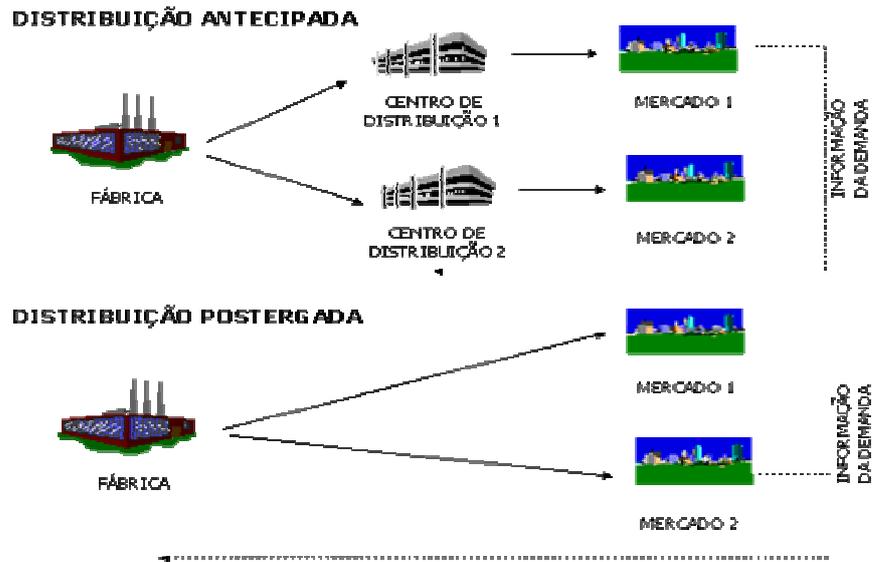


Figura 02: Antecipação e postergação da distribuição física
Fonte: WANKE (2001)

B. **Postergação (*postponement*) na manufatura** - Retardar a diferenciação final dos produtos através de operações simples de adição de valor como montagem, embalagem, pintura, colocação de acessórios, etc, ou seja, produtos semi-acabados em estoque, dando origem a políticas de postergação (*postponement*) na manufatura;

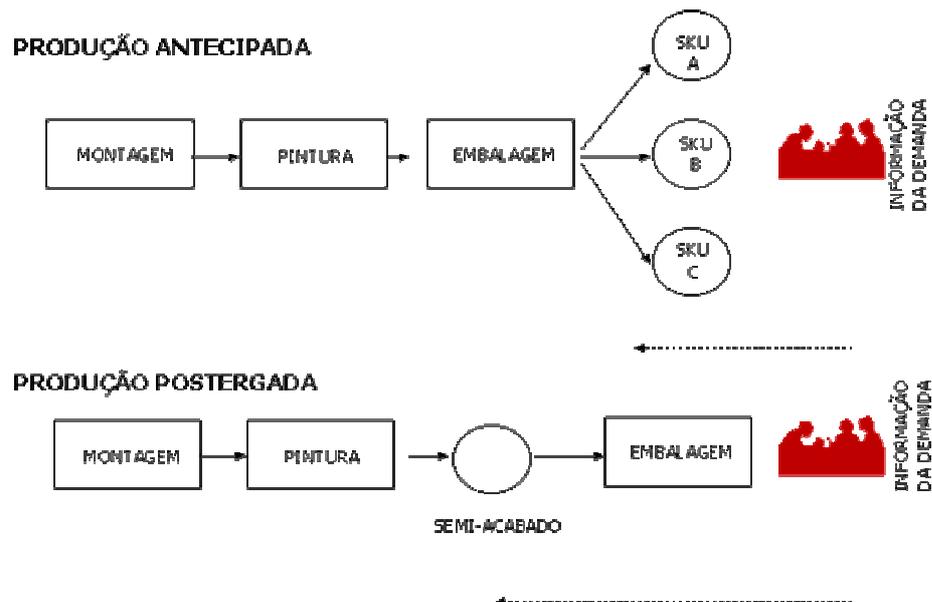


Figura 03 : Antecipação e postergação da produção
Fonte: WANKE (2001)

C. Combinação do (*postponement*) da distribuição física com o (*postponement*) na manufatura – Assim, o que se tem em jogo é o que seria mais lucrativo, ou investir em transportes (estoques em trânsito) ou então na manutenção de estoques em centros de distribuição e/ou manutenção de instalações. Deve ser observado se a redução nos níveis de estoque de segurança do produto acabado irá compensar os aumentos nos custos de execução das operações finais de manufatura e perdas de economias de escala. Segundo NOVAIS (2001, p.48-49)

O *postponement* é usado estrategicamente, de forma a melhorar a atuação da empresa no mercado, sem prejudicar a qualidade do produto (...) sendo que outra novidade no mercado é constituída pelas empresas virtuais, também chamadas de *agile enterprises* (empresas ágeis) que são fabricantes de produtos de grande valor agregado, em geral eletrônicos, que se localizam juntos a grandes aeroportos e que atuam de forma ágil, tanto na ponta de marketing com a ponta dos fornecedores (...) assim essas indústrias sem fumaça (*smokeless industry*) montam o aparelho e o enviam rapidamente ao comprador fazendo com que os níveis de estoques seja praticamente zero.

2.3.4 Perfis de estoque – Gráfico dente de serra

O uso de modelos possibilita realizar um experimento através de simulações, restringido a suposições dadas, fazendo com que as decisões sejam mais bem avaliadas, melhoradas e testadas antes do veredicto final e, portanto, antes da formalização, elaboração e implantação de qualquer solução, via planejamento e ação.

É evidente que em um sistema real o nível de complexidade apresenta-se mais acentuado que em um ambiente modelado, pois o ambiente real é influenciado por um grande número de elementos ou variáveis, e ainda pelas questões internas e externas de origem social, política e econômica, fazendo com que fique difícil ou até mesmo impossível trabalhar com tantas variáveis. Daí o uso de modelos se torna útil para a tomada e implementação de decisões, apenas enfatizando algumas variáveis as quais se tornam imprescindíveis e/ou principais, para posterior tomada de decisões. Conforme SIQUEIRA (2004)

Um modelo permite o entendimento das características básicas de objetos reais através da representação simplificada de seus aspectos relevantes. O modelo mostra apenas o que é relevante para uma questão específica, desconsiderando todos os demais aspectos.

Assim, as características do processo decisório terão grande influência na determinação e na utilização de modelos, usando estes como importante fonte de aparato nas tomadas de decisões. Um modelo representa, segundo GUERREIRO apud SIQUEIRA (2004)

Imagens intelectuais sobre as quais se desenvolve o conhecimento obtido de um trabalho explicitado ou não, de seleção dos elementos relevantes da porção da realidade em análise.

Desse modo, um modelo consiste na simulação da realidade, através de variáveis que possibilitam resolver um determinado problema, auxiliando assim na tomada de decisões.

ACKOFF e SASIENI (1971, p.70-71) apud CARASTAN (2002, p.8), classificam os modelos em três tipos:

- a) **icônicos:** são os modelos que tratam da representação de imagens em escala diferente do objeto real de estudo. Exemplos: os modelos de aviões, navios, automóveis;
- b) **analógicos:** são aqueles que utilizam um conjunto de propriedades para representar por analogias outro conjunto de propriedades. Exemplo, os gráficos utilizam grandezas geométricas e posições para representar muitas espécies de variáveis e suas relações: o mapa de um país ou estado.
- c) **simbólicos:** representam as variáveis e suas relações através de letras, números e outros tipos de símbolos; são modelos gerais e abstratos, normalmente se apresentam na forma de relações matemáticas, refletindo a estrutura daquilo que reproduzem.

Portanto, a complexidade do processo decisório aplicado aos negócios empresariais, em alguns casos, poderá ser estudada através modelos simbólicos onde poderão ser aplicadas técnicas da pesquisa operacional.

O gráfico da curva Dente-de-Serra mostra a evolução da quantidade em estoque de um item ao longo do tempo. Nas ordenadas marca-se o nível ou quantidade de estoque existente em cada momento, enquanto que nas abscissas a variável é o tempo. O aspecto do gráfico depende de uma série de hipóteses sobre o comportamento do estoque. Assim, delimitando hipóteses se pode formular um sistema de controle de estoques. Há dois momentos importantes que são

destacados no eixo dos tempos, os quais se repetem constantemente: o instante em que um pedido (para compra ou fabricação) é feito, e o instante em que a mercadoria é recebida.

O intervalo de tempo decorrido entre esses dois instantes é o tempo de espera (tempo de ressurgimento). As outras grandezas observadas serão: taxa média de uso ou consumo da mercadoria (consumo médio mensal ou quantidade média), quantidade comprada (ou fabricada) da mercadoria (quantidade de ressurgimento), e o estoque reserva (estoque de segurança).

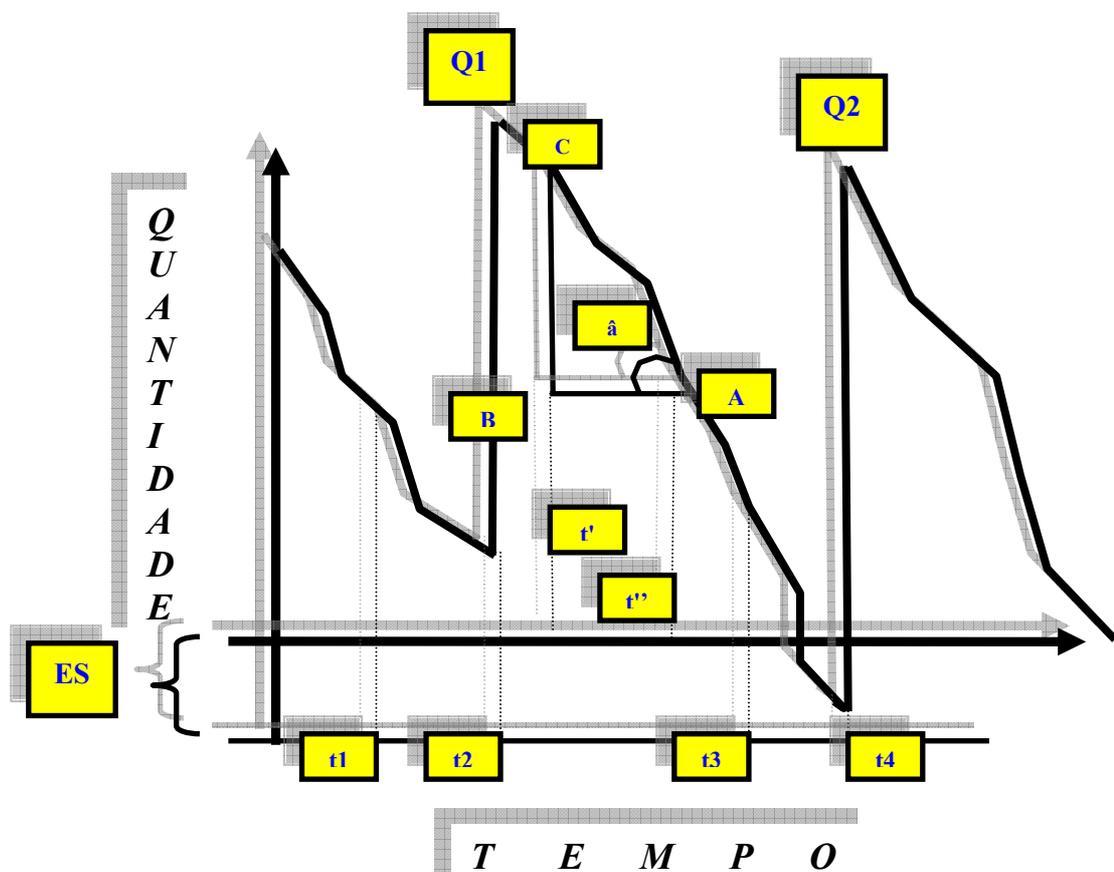


Figura 04: Curva dente de serra
Fonte: Adaptação de MOREIRA (2002, p. 472).

A curva inclinada decrescente denota a queda do estoque ao longo do tempo, enquanto que a linha vertical representa o momento em que um novo ressurgimento é adicionado ao estoque de uma só vez. O estoque de reserva ou estoque de segurança, indicado por **ES**, por ser uma quantidade constante é indicado por uma linha horizontal paralela ao eixo do tempo. Porém, o fato de ser uma quantidade constante não indica que em certas ocasiões ele seja consumido totalmente ou parcialmente, ou seja, sempre que a curva decrescente descer abaixo da linha de

ES, significa que parte do estoque de segurança está sendo consumida. Interpreta-se assim: o estoque de segurança serve como aparato para absorver variações não previstas.

As linhas verticais representam tanto a entrega de quantidades de ressuprimento, como também o valor dessas quantidades pedidas, e estão representadas pelos símbolos **Q1** e **Q2**. Os lapsos de tempo marcados como **t1** e **t3** representam as datas em que os pedidos de ressuprimento foram efetuados, e **t2** e **t4** representam as datas de entrega, cuja quantidade de estoque sobe abruptamente, seguindo o preceito de que a mercadoria é entregue de uma só vez. Assim, os intervalos de tempo entre **t1** e **t2**, e entre **t3** e **t4** são respectivamente, os tempos de espera ou tempo de ressuprimento (*lead time*), que pode ser medido em dias, semanas, quinzenas, meses, etc.

A taxa média de consumo é definida entre dois períodos de tempo quaisquer, **t'** e **t''**, é dada pela tangente do ângulo **â**. O cateto **BC** é a variação da quantidade em estoque entre os instantes **t'** e **t''**, enquanto que o cateto **AB**, é o intervalo de tempo decorrido entre os intervalos **t'** e **t''**. Assim, a taxa média de consumo para um período qualquer é dada pelo quociente entre a quantidade consumida e o período considerado.

2.3.5 Decisões sobre o tempo – Quando colocar um pedido

Quando se assume que os pedidos chegam instantaneamente e que a demanda é constante e previsível, a decisão de quando colocar um pedido de reabastecimento seria evidente. Dessa forma, um pedido seria colocado logo que o nível de estoque atingisse zero. Ele chegaria instantaneamente e evitaria qualquer ocorrência de falta em estoque, mais isso só acontece em um sistema *Just in Time*.

Porém, se os pedidos de reabastecimento não são *Just in Time*, ou seja, não chegam instantaneamente após a emissão do pedido, existindo assim um lapso de tempo entre a colocação do pedido e o reabastecimento em estoque, faz-se necessário o cálculo de um ponto de pedido (**PP**) determinando assim um tempo de ressuprimento ou *lead time* (**TR**), para que se tenha um tempo de reabastecimento coerente com a não falta em estoque do item. Desse modo, pode-se determinar um ponto de pedido (**PP**) em termos do nível que o estoque terá atingido quando um

pedido de reabastecimento tiver que ser colocado, iniciando assim o tempo de ressurgimento ou *lead time* (**TR**). Isso presupo que tanto a demanda e o *lead time*, devem ser perfeitamente previsíveis.

2.3.6 Revisões contínuas e periódicas

A abordagem para a determinação de um instante de reabastecimento é chamada de abordagem de revisão contínua, através da checagem do nível de estoque de cada item, para logo então tomar a decisão de colocação do pedido, quando o nível do estoque atinge o nível de ressurgimento. A vantagem desse tipo de abordagem é que embora a frequência de pedidos possa ser irregular, determinada pela variação da taxa de demanda, o tamanho do pedido (**Q**) é constante e pode ser estabelecido no Lote Econômico de Compras.

Porém, a checagem contínua dos níveis de estoque pode demandar tempo, sendo que uma alternativa muito simples, mas que sacrifica o uso de uma quantidade de pedido fixa e, portanto ótima, é a abordagem de revisões periódicas. Esse tipo de política de controle de estoque, em vez de se pedir em um nível de ressurgimento pré-determinado, pede ressurgimento em intervalos de tempos regulares e fixos, adquirindo quantidades que elevem o nível de estoque até um nível pré-determinado.

2.3.7 Tipos de demanda

Os padrões de demanda na cadeia de suprimentos e sua previsão são imprescindíveis para uma política de planejamento e controle dos processos de distribuição dos estoques; assim as empresas devem estar cientes do tipo de demanda ao qual seus produtos atendam.

Algumas operações produtivas podem prever e fazer provisões antecipadas, pois existe um contrato ou certos pedidos firmes com um consumidor e dessa forma o processo produtivo possa a ter uma idéia razoavelmente boa dos pedidos dos consumidores. No entanto, em outras operações, podem somente fazer previsões baseadas no histórico de vendas, e usar esta informação como o melhor indicador para suas vendas futuras. Assim para conceituar a melhor forma de atuação e a

melhor política de estoques, faz-se necessária uma conceituação de demanda dependente e independente.

2.3.7.1 Demanda independente e demanda dependente

A longo tempo existem dois padrões de demanda, que são a independente e a dependente. Esses padrões levam ao planejamento e controle de estoques de forma diferenciada.

A demanda de item é independente se ela depender de condições de mercado, fora de controle imediato da empresa. Embora a empresa possa estimular essa demanda através de estratégias de marketing (promoções, reduções de preços, etc.), a quantidade final da demanda dependerá ainda do mercado. Os itens de demanda independente são, por exemplo: produtos acabados, peças e outros materiais para reposição, etc.

A demanda de item é dependente se o seu consumo puder ser programado internamente. Assim os itens de demanda dependente são usados na produção interna de outros itens. A sua quantidade programada para consumo depende das expectativas da empresa em relação ao comportamento do mercado consumidor. Uma vez estimada a demanda dos itens através da demanda independente, a programação da produção é fixada. Isto é, os itens da demanda dependente dependem da demanda independente, por exemplo: matérias primas, componentes dos produtos e peças para montagem.

Os comportamentos das demandas dependente e independente são diferentes:

- nos produtos finais e peças de reposição, a demanda é contínua, ainda que sujeita à influência de efeitos tais como: tendências, sazonalidade, ciclo de negócios, e variações aleatórias;
- por outro lado, às matérias-primas e peças para montagens têm um comportamento do tipo “tudo ou nada” sempre que a produção seja feita em lotes: uma certa quantidade é demandada durante o tempo que durar a fase produtiva dos lotes; entre duas fases produtivas, nenhuma quantidade é demandada;

Assim o processo de gestão de estoques requer abordagens diferentes quer se trate de itens pertencentes a um ou outro padrão de consumo:

- para itens de demanda independente: a abordagem é de reposição de estoque – à medida que o item é usado ele é repostado, com base em uma estimativa de demanda futura para se determinar o momento de reposição e a quantidade de adquirir ou fabricar;
- para itens de demanda dependente: a abordagem é de requisição – onde a quantidade pedida e o momento em que ela deve estar disponível na produção são funções de previsões de mercado ou encomendas já efetuadas por clientes;

2.3.7.2 Outras formas de demanda

Outros tipos de classificações que se tornam imprescindíveis e que se encaixam de forma adequada em relação à demanda, para termos de controle de estoques é a seguinte:

- a. **Demanda permanente:** refere-se a produtos com ciclo de vida longo e que não possuem grandes picos ou vales de consumo ao longo de um ano. O ressuprimento dos estoques é contínuo ou periódico;
 - b. **Demanda sazonal:** incluem tanto produtos com ciclo de demanda anual, associados a picos e vales acentuados ao longo desse intervalo, como produtos de moda, com ciclo de vida muito reduzido;
 - c. **Demanda irregular:** corresponde a produtos com comportamento tão irregular, que a previsão de vendas é muito difícil;
 - d. **Demanda em declínio:** é representada por itens cuja demanda acabará, tendo em vista que serão substituídos por outros. Geralmente o declínio é gradual, permitindo a redução dos estoques no mesmo ritmo;
 - e. **Demanda derivada:** é resultante da demanda por outro produto, no qual o mesmo está associado, tais como embalagens e matérias primas;
- Dessa forma, baseando-se no tipo de demanda a considerar, pode-se projetar a melhor política que se torna adequada para o tipo de estoque em questão.

2.3.8 Lote econômico de compra (LEC)

Um grande desafio se apresenta diante dos gestores, é que os custos das atividades não caminham todas no mesmo sentido, ou seja, à medida que os custos correspondentes a uma atividade crescem há uma compensação, de modo que os custos de outra operação, vinculada à mesma atividade cae. Assim, se faz necessário encontrar um ponto de equilíbrio, isto é, um nível para o qual o conjunto dos custos apresenta o ponto ótimo, sendo este uma questão chave para o processo de definição dos custos de estoques.

À medida que aumentam o número de depósitos, os custos de transporte caem e o custo de manutenção dos estoques aumenta, devido ao incremento dos estoques. Isso acontece porque carregamentos volumosos podem ser realizados para os armazéns a fretes menores, e a partir daí, à distância percorrida pelas entregas de volumes menores até o cliente, cujo custo via de regra é maior, se reduz, diminuindo assim o custo de transporte total, ou seja, da origem ao destino.

Porém os custos relativos aos estoques aumentam à medida que aumentam o número de armazéns, porque mais estoque é necessário para manter o mesmo nível de disponibilidade do que quando há menor número de depósitos. Os custos totais mínimos, determinados pela soma de custos, será obtido pela compensação dos custos conflitantes, o que permitirá determinar o número ideal de depósitos.

O sistema de Lote Econômico de Compras (LEC) é utilizado para gestão de itens comprados fora da empresa, sendo possível através de algumas adaptações utilizá-lo para itens fabricados dentro da empresa, ou seja, o Lote Econômico de Fabricação (LEF). Segundo GOEBEL (1996. p.9)

Observada a necessidade de se manterem estoques, e conhecida a influência que estes exercem sobre os custos e, portanto, a rentabilidade da empresa (...) deve-se calcular os volumes que a empresa manterá de cada item, (...) e dividindo os estoques segundo a natureza da demanda, é a primeira medida que se torna necessária, para a otimização do processo de estoque.”

GITMAN (2001, p.537)

O custo total (de estoque) é definido como a soma dos custos de pedido e de manutenção. O custo total é importante no modelo LEC, pois o objetivo do modelo é determinar a quantidade de pedidos para minimizá-lo.

Em um sistema de controle de estoques de demanda independente deve responder a duas questões básicas: quando se deve comprar o item (uma data) e quanto se deve comprar do item (uma quantidade). Neste caso, as atividades acima descritas, e considerando-se apenas dados determinísticos e não estocásticos, na literatura são planejadas e controladas usando a conhecida Curva Dente-de-Serra.

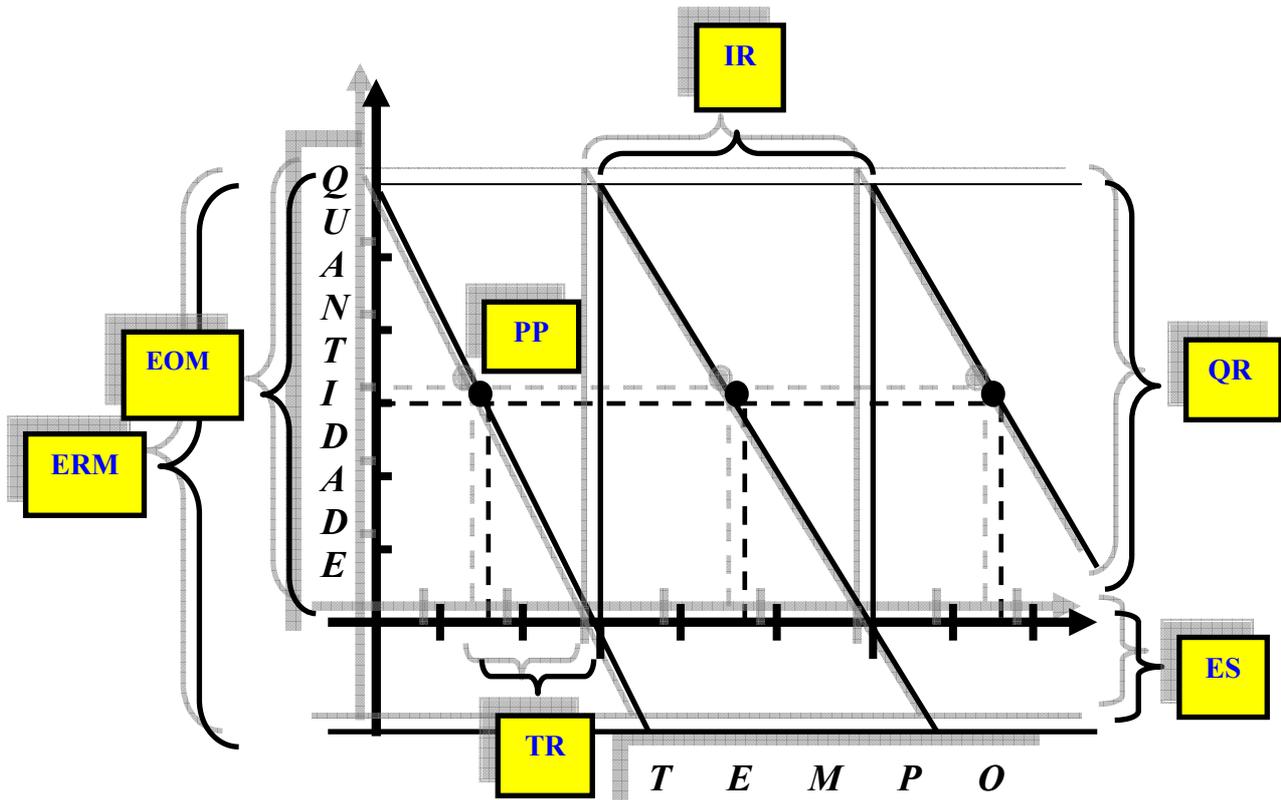


Figura 05: Gráfico dente de serra
Fonte: Adaptado de DAVIS et al. (2001, p.474)

Onde:

ERM = Estoque Real Máximo;	EOM = Estoque Operacional Máximo;
QR = Quantidade de Ressuprimento;	CMM = Consumo Médio Mensal (oriundo da média de consumos anuais);
PP = Ponto de Pedido;	TR = Tempo de Ressuprimento (lead time);
IR = Intervalo de Ressuprimento;	
ES = Estoque de Segurança;	
Sendo que o:	
$QR = EOM = CMM \times IR$ (1)	
$PP = CMM \times IR + ES$ (2)	

Na relação (2) estima-se o tempo em que se deve efetuar o pedido de mais peças de estoque, e com isto, pode-se ver a grande importância de se manter um nível de estoque para produção. Ao mesmo tempo percebe-se que eles podem ser fontes de maiores custos quando não se respeita esse padrão de controle do estoque. Com base em tais preceitos pode-se buscar um ponto de equilíbrio do nível de estoque, tendo sob controle o tempo de ressuprimento (*lead time*) e a quantidade de ressuprimento com os custos mínimos, de modo que a demanda seja satisfeita. Assim, observa-se que o planejamento e controle dos estoques é um processo dinâmico, na qual diversos fatores devem ser considerados. No entanto, devem-se considerar fatores como o processo de distribuição dos estoques e o seu gerenciamento de forma adequada em uma Cadeia de Suprimentos, fazendo com que esse gerenciamento, seja da melhor forma possível, objetivando assim agregar valor e tornar-se um fator diferencial em um mercado globalizado, o qual será tratado no capítulo subsequente.

3. LOGÍSTICA, CADEIA DE SUPRIMENTOS E CUSTOS LOGÍSTICOS

3.1 CONCEITO DE LOGÍSTICA

A logística surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, seu nome é de origem francesa (do verbo *loger*: alojar) e era um termo militar que significava a arte de transportar, abastecer e alojar as tropas, e assim estava intrinsecamente ligada às operações militares. Quando os generais decidiam avançar suas tropas seguindo um determinado plano de uma estratégia militar, eles precisavam ter, sob suas ordens, uma equipe que desse apoio, providenciando o deslocamento, na hora certa, de munição, mantimentos, equipamentos, socorro médico, etc.

Por se tratar de uma atividade puramente de apoio, os grupos logísticos trabalhavam quase sempre em silêncio, pois não tinham o *glamour* das vitórias das estratégias bélicas, NOVAES (2001). Quando o seu conceito foi adotado pelo mundo dos negócios, a logística passou a ter a mesma conotação que tinha no mundo militar, apenas como atividade de apoio e inevitável, dando suporte de transporte e armazenagem, e sendo considerado como algo secundário.

Os executivos entendiam que as operações de logística não agregavam nenhum valor ao produto, e eram encaradas como mero fator de custo e sem nenhuma implicação estratégica e de geração de negócios, visto muitas vezes como um mal necessário à organização. Conforme NOVAIS (2001, p.32), “A maioria das indústrias surgiu no chão de fábrica, girando em torno do processo de fabricação de uns poucos produtos, com o restante da organização girando em torno da manufatura”. Assim, o foco das empresas em seus processos produtivos, vem desde os seus primórdios, e feito em torno da manufatura, sendo que esse contexto ainda colabora para que algumas empresas considerem as atividades logísticas como algo secundário na organização empresarial. No entanto, a logística evoluiu com o passar do tempo, agregando diversos valores que, anteriormente não pertenciam ao seu conceito, para NOVAIS (2001, p.35)

A Logística Empresarial evoluiu, desde os seus primórdios, sendo que, em seu conceito moderno agrega valor de lugar, de tempo, de qualidade e de informação à cadeia produtiva e além de agregar (...) valores positivos para o consumidor final, a Logística moderna procura também eliminar do processo tudo que não tenha valor para o cliente, ou seja, tudo que acarrete somente custos e perda de tempo.

Um produto ao sair da fábrica já tem seu valor intrínseco a ele agregado, mas esse valor está ainda incompleto para o consumidor final. NOVAIS (2001) afirma que, para a logística agregar valor ao produto final precisa ter:

✚ **Valor de lugar** – o produto deve estar no lugar e na hora certa para que o mesmo seja usufruído. O valor de lugar depende obviamente do transporte do produto, da fábrica até o depósito, deste à loja finalmente ao consumidor final. Tais razões denotam o porque das atividades de logística nas empresas foram por muito tempo confundidas com transporte e armazenagem. Christopher (1999) apud NETO (2002) afirma que, “o valor de lugar para o cliente é a relação entre os benefícios percebidos e o custo de propriedade”.

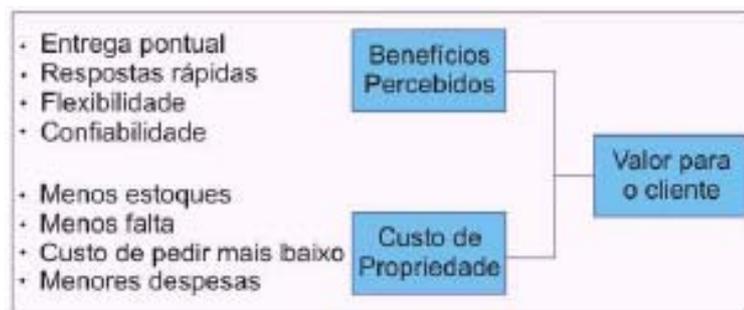


Figura 06: Logística e o valor para o cliente
Fonte: NETO (2002, p.48)

Assim, clientes demandam serviços cada vez melhores, com preços cada vez menores, que estejam no local desejado e na hora certa;

✚ **Valor de tempo** – um produto deve estar no tempo certo e no lugar determinado, respeitando uma janela de tempo considerada, ou seja, nem antes, e nem depois do tempo certo. Isso se deve ao valor monetário dos produtos, que passou a crescer consideravelmente, gerando custos financeiros elevados, seja na parte de estocagem ou transporte, por exemplo, obrigando ao cumprimento de prazos muito rígidos. Segundo CHRISTOPHER (1999) apud NETO (2002)

Atualmente o cliente, (...) está exigindo níveis de desempenho mais elevados. O que implica dizer que a diferenciação está se dando cada vez mais no envoltório de serviços que poderá ser adicionado, ou agregado ao produto no ato da venda e na pós-venda.

✚ **Valor de qualidade** – os produtos para serem aceitos devem ter uma certa qualidade, o que lhes permitem uma garantia de sua credibilidade perante o consumidor final.

SLACK et al. (1997) diz:

Qualidade significa 'fazer certo as coisas', mas as coisas que a produção precisa fazer certo variarão de acordo com o tipo de operação (...) sendo que, para um bom desempenho da qualidade em uma operação não apenas leva à satisfação de consumidores externos, (...) torna também mais fácil a vida das pessoas envolvidas na operação, dessa forma satisfazer aos clientes internos pode ser tão importante quanto satisfazer aos consumidores externos, sendo que como fator de agregação de valor a qualidade reduz custos e aumenta a confiabilidade.

CHURCHILL e PETER (2000) apud NETO (2002), diz que "o comprador, muitas vezes, optará por um preço mais alto ao perceber que está recebendo mais valor, ou seja, uma qualidade melhor em troca daquilo que está desembolsando." Assim o fator custo/benefício torna-se um fator diferencial;

✚ **Valor da informação** – A informação é imprescindível para o controle e planejamento de atos infortuitos durante o processo de produção e/ou transporte de certos produtos. Pelo alto grau de desenvolvimento da tecnologia de informação, sua aplicação comporta bons resultados na redução de custos de qualquer operação: produção, distribuição e comercialização.

Desse modo, observa-se que a Logística envolve também elementos humanos, materiais (prédios, veículos, equipamentos, computadores), tecnológicos e de informação. Tais fatores implicam também a otimização dos recursos, pois, de um lado se busca o aumento da eficiência e a melhoria dos níveis de serviços ao cliente, de outro, a competição no mercado obriga a uma redução contínua nos custos.

NETO (2002), afirma que a logística deve ser vista como uma gestão de fluxos, dentre os quais podem-se citar três:

1. **O fluxo físico** – começando na aquisição de matéria prima e terminando no cliente. Tais fluxos trazem o dispêndio de recursos financeiros. Assim as atividades logísticas são consumidoras dos recursos financeiros. Ballou (1993) apud NETO (2002) diz, "o custo logístico é o segundo maior dispêndio de uma empresa e perde somente para o custo do produto."

Assim a redução dos custos logísticos é de suma importância – em países desenvolvidos representam cerca de 10% do PIB afirma BALLOU (1993) apud NETO (2002) – já no Brasil representa cerca de 20%. Assim uma empresa deve

objetivar agregar o máximo de valor possível aos seus produtos para reduzir os custos logísticos.

2. **O fluxo das informações** – tal fluxo começa no cliente e deve orientar o fluxo físico, sendo que se isso não acontecer é porque a utilização dos recursos é feita de forma equivocada e ineficiente. Antigamente a importância desse fluxo era subestimada devido à abundância de recursos financeiros, e assim preferiam formar grandes quantidades de estoques a investir em informação. Com a mudança do cenário, os juros tornaram-se crescentes e os recursos materiais passaram a ser escassos e caros. Assim tornou-se imperativo substituir estoques que são vorazes consumidores de recursos, pela informação. Dessa forma, pode-se citar a filosofia *Just in time* e o MRP que se propagaram como forma de otimização de estoques;
3. **O fluxo financeiro** – a lucratividade da organização é fundamental para sua continuidade, bem como é um fator desejado pelos seus acionistas, credores e funcionários, sendo que sem esta condição a empresa acabará vendo-se ameaçada e enfraquecida. Assim, para obter a lucratividade é preciso diminuir os custos ou aumentar a receita, pela agregação de valor aos produtos. O mais desejável seria conseguir os dois simultaneamente para que, além de aumentar a lucratividade, garantir uma posição competitiva confortável e duradoura. Assim, conforme FERRAES NETO (2000) apud NETO (2002)

O financeiro é aquele fluxo que faz com que os valores pagos pelos clientes retornem aos elos da cadeia. Assim, ao se obter maior acerto na realização do fluxo físico, o volume de vendas, o giro de estoques e a disponibilidade de produtos ao cliente serão majorados. Estes fatores permitem aumentar o valor da receita e o lucro no período.

Na atualidade a definição de Logística para o COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS⁶ (2005), antigo COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT

A gestão logística é a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa, e controla o fluxo eficiente, eficaz e efetivo dos fluxos diretos e reversos bem como o armazenamento de mercadorias e cargas, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo para fazer ou atender o adequado requisito dos consumidores ou encontrar e satisfazer suas exigências.

⁶Council of Supply Chain Management Professionals - Disponível em: <http://www.cscmp.org/Website/AboutCSCMP/Definitions/Definitions.asp> Acessado em: 12/04/2005.

Os limites (fronteiras), e os relacionamentos do processo logístico para o COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (2005)

As atividades da gestão logística incluem tipicamente a gerência de entrada (*inbound*) e saída (*outbound*) de transporte, gerência da frota, armazenando, manipulação ou manuseio de materiais, satisfação ou realização de ordens, projeto de rede de comunicações logísticas, gerência de inventário, planejamento fornecimento/demanda, e gerência de fornecedores de serviços logísticos terceirizados. () Para modificar, variar o grau da classe, a função da logística inclui também a origem ou fornecimento (*sourcing*) e a obtenção, o planejamento e programação da produção, empacotamento e montagem, e serviço ao cliente ou consumidor. Isto é estar envolvido em todos os níveis do planejamento e da execução - estratégicos, operacionais e táticos. A gerência da logística é uma função integrada, que coordena e otimiza todas as atividades da logística, assim como integra atividades da logística com outras funções incluindo o marketing, manufatura, produção ou criação de vendas, tecnologia da informação e finanças.

Desse modo, observa-se que os fluxos associados à Logística envolvem também a armazenagem de matéria-prima, dos materiais em processamento e dos produtos acabados, e percorrem todo o processo, indo desde os fornecedores, passando pela fabricação, seguindo desta ao varejista, para atingir finalmente o consumidor final; sendo este o alvo principal de toda a cadeia de suprimentos.

Pode-se observar pela figura 07, abaixo, que além do fluxo de materiais (insumos e produtos), há o fluxo de dinheiro, e que este está no sentido oposto ao fluxo de materiais. Há também o fluxo de informações em todo o processo, e também o fluxo logístico reverso que faz o percurso inverso ao fluxo logístico direto.

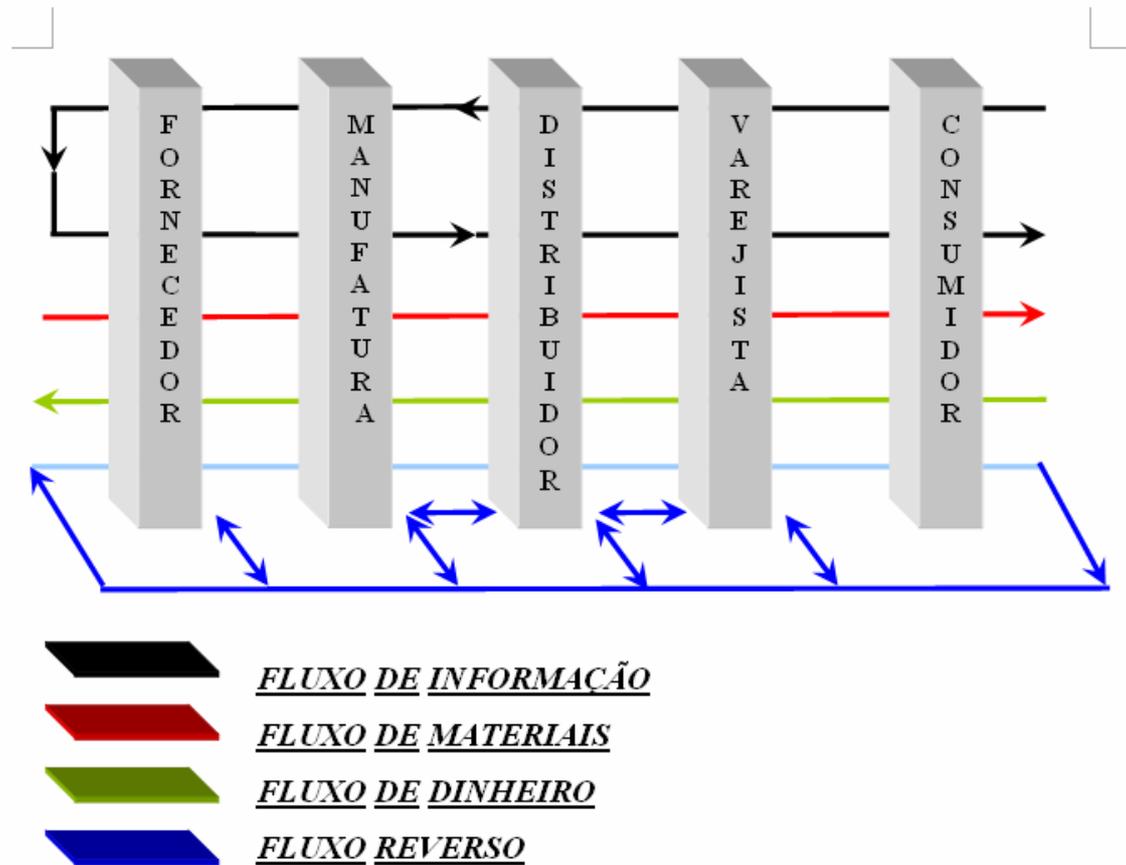


Figura 07: Fluxos logísticos
Fonte: Adaptado de NOVAES (2001, p.38)

Assim sendo, o enfoque do processo logístico, tem como objetivo fundamental: satisfazer as necessidades, desejos e preferências dos consumidores finais, sendo que o longo caminho que se estende desde as fontes de matéria-prima, passando pelas fábricas dos componentes, pela manufatura do produto, pelos distribuidores, e chegando finalmente ao consumidor através do varejista, constitui a cadeia de suprimento.

Assim os fornecedores de matéria-prima entregam insumos de natureza variada para a indústria principal e também para os fabricantes dos componentes que participam da fabricação de um certo produto. A indústria fabrica o produto em questão que é distribuído aos varejistas e, em parte aos atacadistas e distribuidores. Esses últimos fazem o papel de intermediários, pois muitos varejistas não comercializam um volume suficiente do produto que lhes possibilite a compra direta, a partir do fabricante. As lojas de varejo, abastecidas diretamente pelo fabricante ou

indiretamente por atacadistas ou distribuidores, vendem o produto ao consumidor final. Existem outros aspectos a serem considerados como a Logística Reversa⁷.

Décadas atrás, as grandes indústrias produziam a maior parte dos componentes necessários à fabricação de seus produtos. Isso ocorria, em parte, porque conseguiam produzi-los com custos mais baixos e de outra parte, por razões estratégicas e de poder econômico, para não ficar na dependência de fornecedores. Isso gerava um verticalização industrial, ou seja, os níveis hierárquicos dentro da organização, aumentavam.

Atualmente novos conceitos estão sendo utilizados na definição de estratégias empresariais e/ou industriais tais como: a vantagem competitiva⁸ e *core competence*⁹, que em suas filosofias pregam que é mais proveitoso concentrar as atividades naquilo que a empresa consegue fazer bem, ou seja, em seus pontos centrais e principais, diferenciando-a positivamente dos concorrentes, e com isso adquirindo externamente componentes e serviços ligados a tudo que não estiver dentro de sua competência ou ponto central. Dessa forma, não só componentes e matérias-primas são adquiridos de outras empresas, mas também serviços terceirizados (*outsourcing*¹⁰), tais como: distribuição, armazenagem, transporte de produtos e insumos, alimentação de empregados, estacionamento, limpeza, manutenção, análise química (qualidade da água, grau de emissão de poluentes), etc. Segundo AMARAL (2003, p.2)

Hoje, as empresas vencedoras, olhando sob o ponto de vista do Gerenciamento da Cadeia, já entendem a idéia de usar a eficiência na logística para ganhar vantagem competitiva.

⁸ **Vantagem Competitiva** - Uma vantagem competitiva corresponde a um benefício significativo e, preferencialmente, de longo prazo de uma empresa sobre sua concorrência, sabendo que para estabelecer e manter uma vantagem competitiva é complexo, mas que a sobrevivência e prosperidade de uma empresa depende disso. Disponível em: <http://www.prodepa.psi.br/sqp/pdf/VantagemCompetitiva.pdf>

⁹ **Core Competence** - Designa as competências estratégicas, únicas e distintivas de uma organização. Poderá ser, por exemplo, um conhecimento técnico ou uma tecnologia específica que é susceptível de oferecer um valor único para os clientes e que distingue a empresa das rivais. É o caso da competência da Sony em técnicas de miniaturização, ou da Honda na criação de motores. Fonte: http://www.definitiva.com.br/art_administrativo.asp

¹⁰ **Outsourcing** - É um processo através do qual uma organização (contratante) contrata outra (sub-contratado), na perspectiva de manter com ela um relacionamento mutuamente benéfico, de médio ou longo prazo, com vista ao desempenho de uma ou várias atividades, que a primeira não pode ou não lhe convém desempenhar e que a segunda é tida como especialista. Fonte : < http://www.pmelink.pt/pmelink_public/EC/0,1655,1005_5051-3_41097--View_429,00.html >.

PORTER (1986, p.23) propõe um modelo de análise das empresas baseado na identificação de cinco forças:

- a. **Ameaça de novas entradas ou entrantes potenciais** - Existem barreiras à entrada de novos competidores?
- b. **Rivalidade entre os concorrentes atuais ou empresas** - Há guerras de preços, de publicidade ou de produtos?
- c. **Ameaça da existência de novos produtos ou serviços substitutos** – Há uma ameaça de substituição por produtos ou serviços que satisfaçam as mesmas necessidades?
- d. **Poder de negociação dos clientes ou compradores** – Qual o seu poder para influenciar as variações de preço dos produtos ou serviços?
- e. **Poder de negociação dos fornecedores** – Qual o seu poder de negociação para elevar os preços ou reduzir o nível de qualidade oferecido?



Figura 08: Gerenciamento da cadeia como vantagem competitiva
Fonte: AMARAL (2003)

Assim, quanto mais essas forças se combinam, maior a probabilidade de se viabilizar a vantagem competitiva e como consequência mais sólidos serão os resultados de tais vantagens.

A atitude clássica de empresas, e que perdura até hoje em muitas delas, é de tirar a máxima vantagem possível de cada situação, visando ganhar sempre dos concorrentes numa visão imediatista. Assim, por exemplo, é comum que um lote de certo produto seja entregue atrasado a uma transportadora, mas com a

documentação indicando a data acertada previamente com o cliente, passando assim a ineficiência do serviço para um dos elementos da cadeia, que no caso é a transportadora. Tal atitude se deve ao desbalanceamento de poder entre as empresas, fazendo com que o membro de maior poder na cadeia dite as regras para os demais participantes, regras muitas vezes irregulares aos demais membros da cadeia de suprimento. Assim aquela empresa que fala mais alto, em uma atitude de mostrar seu poder, acaba muitas vezes impondo situações irregulares aos elos mais fracos da cadeia de suprimentos.

Atualmente, devido à grande integração entre as empresas, e a ampliação e expansão da tecnologia, chegou-se à conclusão de que os ganhos que podem ser obtidos através da integração efetiva dos elementos da cadeia, com otimização global dos custos e de desempenho, sendo estes mais expressivos do que a soma dos possíveis ganhos individuais de cada participante, quando atuando separadamente, focalizando assim uma visão sinérgica de todos os componentes da estrutura hierárquica da cadeia de distribuição. Assim no jargão logístico, a união sinérgica dos participantes da cadeia de suprimentos, buscando ganhos globais, deve-se transformar em um processo de ganha-ganha, em que todos os membros da cadeia possam ganhar com esta união e não tentando tirar o máximo de proveito dos demais membros da cadeia de suprimentos.

Assim, para se chegar a um certo patamar de otimização contínua, obtendo aumento de lucros e redução de custos, que seja satisfatória para a empresa, é preciso tomar algumas atitudes, dentre as quais podemos citar:

- rever o esquema organizacional da empresa e a sua hierarquia, modernizando-a;
- ter um sistema de informação bem montado e interligando de forma a unir todos os parceiros da cadeia de suprimentos;
- implantar nas empresas participantes sistemas de custos adequados aos objetivos pretendidos, permitindo assim a transparência de informações entre os membros da cadeia de suprimentos;
- entender o processo de forma completa;
- identificar os componentes mais importantes, sendo estes, operacionalmente e financeiramente mais capacitados;
- entender qual é o nível de serviço requerido pelos clientes ou segmentos de mercado;

- desenvolver uma estratégia, processo e sistemas que potencializem sinergias e simplifiquem as atividades, permitindo administrar toda a cadeia como uma só organização mais eficiente e competitiva;

A esse tipo de operação logística integrada moderna é denominado de *Supply Chain Management* (SCM), ou seja, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Dessa forma, o cliente nessa nova visão de Logística passa a ser o membro de maior ênfase nessa nova abordagem, focalizando o consumidor final, pois todo processo deve partir dele buscando equacionar a cadeia de suprimentos de forma a atendê-lo na forma por ele desejada. Outro ponto importante e de destaque é a integração exigida entre todos os elementos da cadeia de forma sinérgica. Assim segundo a definição de *Supply Chain Management*, adotada pelo Fórum de SCM realizado em *Ohio State University* citado em NOVAES (2001)

SCM é a integração dos processos industriais e comerciais, partindo do consumidor final e indo até os fornecedores iniciais, gerando produtos, serviços e informações que agreguem valor para o cliente.

3.2 GERENCIAMENTO, PLANEJAMENTO E CONTROLE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O fluxo contínuo de materiais e de informações que flui através da empresa, desde a atividade de compra dos fornecedores, passando pelo processo de produção e indo até os clientes através da atividade de distribuição é a rede ou cadeia de suprimentos. A Gestão da Cadeia de Suprimentos é definida pelo COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (2005)

A gestão da cadeia de suprimentos abrange o planejamento e a gerência de todas as atividades envolvidas no processo de compra de um fornecedor e a obtenção, a conversão, e todas as atividades do gerenciamento do processo logístico. De forma importante, isto inclui também a coordenação e a colaboração com sócios do canal, que podem ser fornecedores, intermediários, fornecedores de serviço de terceira parte (fator externo), e clientes. Essencialmente, a gestão da cadeia de suprimentos integra o gerenciamento do suprimento e da demanda dentro e através das companhias.

A expressão “cadeia de suprimentos ou rede de suprimentos” é usado segundo SLACK et al. (1997)

Para designar todas as unidades produtivas que estavam ligadas para prover o suprimento de bens e serviços para a empresa e para gerar a demanda por esses bens e serviços até os clientes finais.

Assim, vários termos são utilizados na literatura para descrever a gestão de diferentes partes da Cadeia de Suprimentos. Segundo Slack et al. (1997), eles são basicamente cinco:

1. **Gestão de compras e suprimentos:** é o elo que liga a unidade produtiva e os mercados fornecedores, fazendo uma interface entre eles;
2. **Gestão da distribuição física:** é a gestão da operação de distribuição e fornecimento aos clientes imediatos à unidade produtiva;
3. **Logística:** a Logística engloba a gestão de distribuição física e é conceituada como o processo de gestão do fluxo de materiais e informações desde a unidade produtiva em questão até os clientes finais, através de um canal de distribuição;
4. **Gestão de materiais:** é a gestão do fluxo de materiais e informações através da cadeia de suprimentos imediata, ou seja, engloba os fornecedores imediatamente próximos da unidade produtiva e os consumidores imediatos da unidade produtiva. Inclui as funções de compras, gestão de estoques, armazenagem e distribuição física, além do planejamento e controle da produção;
5. **Gestão da cadeia de suprimentos:** é um conceito cuja abrangência é bem maior e com um enfoque holístico que, gerencia além das fronteiras da empresa e abrange desde fornecedores e consumidores de diversas camadas diferentes, em relação à unidade produtiva. Assim a Gestão da Cadeia de Suprimentos abrange todos os demais elementos, além de reconhecer que há benefícios significativos a serem ganhos quando existe uma gestão estratégica de toda a cadeia em direção à satisfação dos clientes finais;

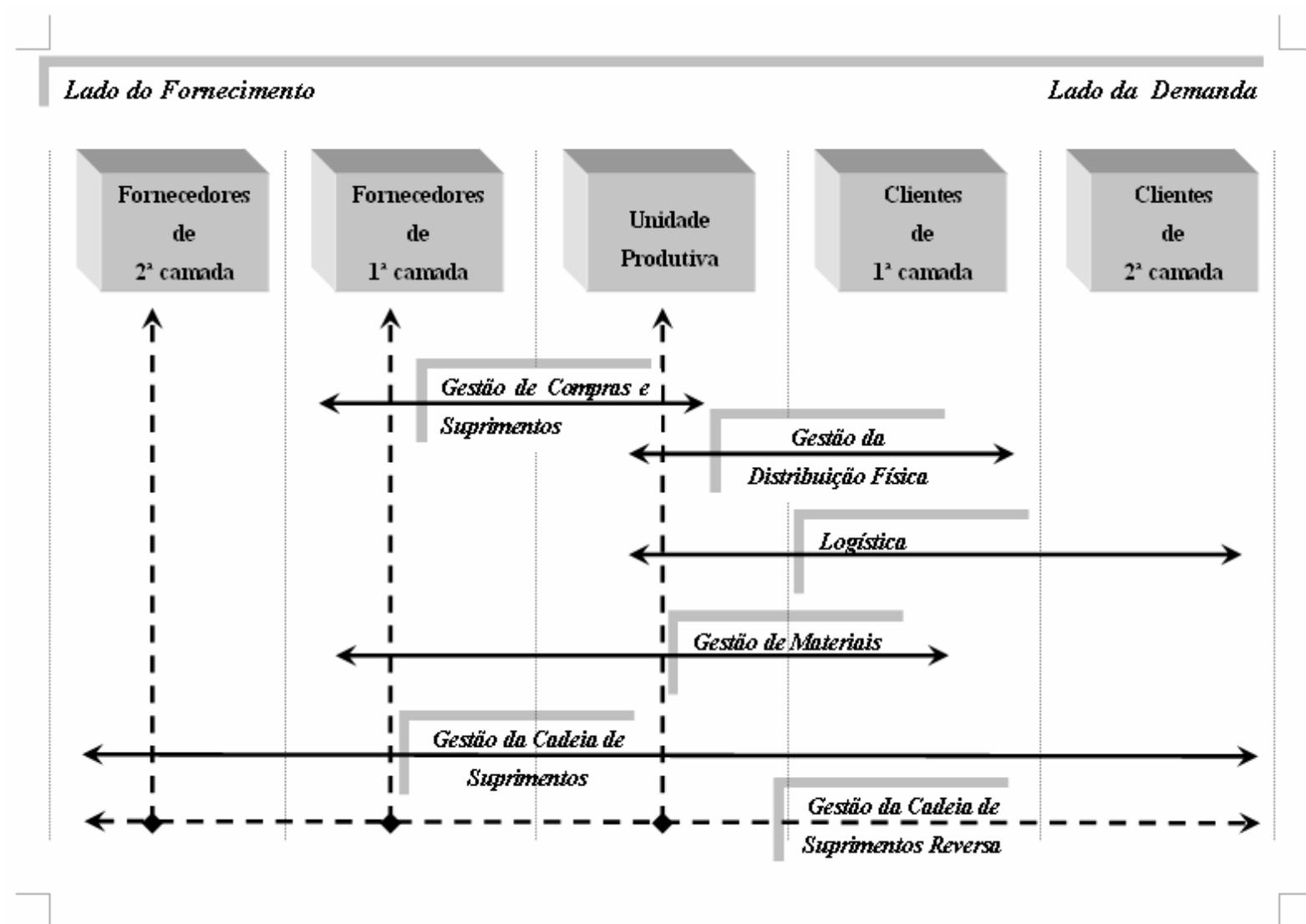


Figura 09 : Gestão da cadeia de suprimentos
 Fonte: Adaptação de SLACK et al. (1997)

3.2.1 Gestão de compras e suprimentos

Na parte do suprimento imediatamente à jusante¹¹ da unidade produtiva, a função de compras estabelece o contato com fornecedores para adquirir materiais e serviços, os quais, seu processo produtivo demanda. Esses recursos adquiridos podem ser utilizados de duas formas:

- para o processo de manufatura empresarial, com o intuito de obter posteriores vendas tanto de bens como serviços ao consumidor;
- para o processo de manutenção dos meios produtivos empresariais, ou seja, para que a empresa funcione de forma eficaz, e que seus processos fluam eficazmente;

Outro fator que se torna importante no processo de compras é a fonte que se esta utilizando, ou seja, o fornecedor. Assim para SLACK et al. (1997)

A decisão de o que constitui a “fonte correta” também inclui, por implicação, a decisão de abastecer cada produto ou serviço individual a partir de um único fornecedor ou de mais de um deles. Estas opções são conhecidas como single-sourcing e multi-sourcing respectivamente.

Assim a política correta por cada empresa no que concerne à aquisição de um ou vários fornecedores, irá depender de diversos fatores tais como preço, prazos e confiabilidade das entregas, benefícios a curto, médio e longo prazo de parceria com um dado fornecedor, etc.

Conforme SLACK et al. (1997, p.310), existe uma série de vantagens e desvantagens de se ter fornecedores de fonte única e de fontes múltiplas conforme se apresenta na seguinte grade:

¹¹ *À Jusante* – Fazendo uma analogia da Cadeia de Suprimentos ao fluxo de água em um rio, as organizações localizadas mais perto da fonte original do suprimento são descritas como estando “à jusante”. Assim o fato de uma empresa ser considerada como estando à jusante depende da exata posição de sua unidade produtiva dentro do fluxo;

Fontes (Fornecimento)	Vantagens	Desvantagens
Fontes Únicas (Single Sourcing)	<p>Melhor qualidade devido aos sistemas de controle de qualidade;</p> <p>Relações mais estreitas e duráveis com fornecedores; maior dependência das partes favorecendo a parceria e o comprometimento;</p> <p>Melhor comunicação, facilidade de cooperação no desenvolvimento de novos produtos e serviços;</p> <p>Maior economia de escala devido ao fornecimento exclusivo;</p> <p>Maior confiabilidade de entrega, etc;</p>	<p>Grau maior de vulnerabilidade a problemas caso ocorram falhas no fornecimento;</p> <p>Fornecimento individual mais afetado devido a flutuações no volume da demanda, caso não haja alternativas de fornecimento o fornecedor pode forçar os preços para cima, etc;</p>
Fontes Múltiplas (Multi-Sourcing)	<p>Comprador pode exigir a queda nos preços devido à competição entre os fornecedores;</p> <p>Possibilidade de mudança de fornecimento caso haja falha nos mesmos;</p> <p>Várias fontes de conhecimento e especializações disponíveis, etc;</p>	<p>Difícil comprometimento do fornecedor;</p> <p>Dificuldade para o desenvolvimento de sistemas de qualidade eficazes;</p> <p>Esforço maior para comunicação;</p> <p>Fornecedores tendem a investir menos em novos processos;</p> <p>Dificuldade maior de obter economia de escala, etc;</p>

Todos estes fatores devem ser considerados, bem como analisados com o intuito de se obter um processo o mais eficiente possível na parte do fornecimento. Assim quando uma organização decide comprar produtos ou serviços de um(ns)

fornecedor(es), ela está implicitamente tomando a decisão de não fabricar ou produzir ela própria os produtos ou serviços os quais demandam seus processos produtivos. Segundo SLACK et al. (1997)

Fornecedores externos podem ser capazes de se especializar na produção de determinados componentes ou serviços e produzi-los com menores custos ou melhor qualidade que a própria empresa.

Porém algumas vezes a organização pode ser capaz de produzir componentes ou serviços a um custo menor ou a uma quantidade e qualidade melhor do que seus fornecedores. Assim a responsabilidade crucial da função de compras é de investigar se está bem servida comprando produtos e serviços de fornecedores externos ou produzindo-os dentro da própria empresa. Esta decisão é chamada “decisão de fazer ou comprar”.

Conforme SLACK et al. (1997), “o principal critério utilizado para a decisão de fazer ou comprar é o financeiro”.

Porém, em muitos outros casos a empresa poderá tomar sua decisão com base em outros aspectos diferentes do financeiro, ou seja, delegando a terceiros as atividades que não são essenciais. Tal prática é denominada *outsourcing* consiste em delegar tais serviços para terceiros, que são especialistas, a empresa poderá concentrar-se naquilo em que a faz competitiva no mercado aonde atua empregando suas forças apenas na sua competência principal (*core competence*).

3.2.2 Gestão da distribuição física

No lado da demanda da empresa, produtos e serviços devem ser transferidos ou movidos para o cliente. Para os produtos manufaturados a distribuição física envolve o transporte físico dos bens desde a empresa até o cliente. No caso dos serviços, sua distribuição é feita no ato de sua prestação, ou seja, o serviço é criado na presença do cliente.

Em grandes sistemas de distribuição, devido ao grande fluxo de materiais e produtos, sejam estes produtos em estágio de matérias-primas, produtos semi-acabados ou ainda produtos acabados, existe uma grande necessidade se fazer estoques devido a diversos fatores tais como: perecibilidade dos bens, longas distâncias de entrega, distribuição para atacadistas/varejistas, etc. Todos estes processos se fazem necessários com o intuito de que a demanda de todos os canais

de distribuição de toda a cadeia seja satisfeita. Portanto, faz necessária a existência de um “sistema de estoque de múltiplos estágios ou um de múltiplos escalões”.

Segundo SLACK et al. (1997), o sistema de múltiplos escalões possibilita que, “os materiais fluem através do sistema e são estocados em diferentes pontos, incluindo pontos fora da empresa, antes que sejam entregues aos clientes”.

Assim, a empresa após manufaturar seus produtos, irá estocá-los em seu próprio armazém, que posteriormente serão transportados a armazéns regionais que servirão de ponto de distribuição para o varejo. Assim quando o varejista necessitar de mais produtos irá requisitá-los a partir de um armazém local que por sua vez providenciará o transporte desses produtos até o varejista. Então, a função do armazém local é servir como um estágio intermediário no sistema de distribuição, de modo que o produtor não tenha que atender a cada cliente por vez. Entretanto, do ponto de vista dos clientes eles não terão que lidar com um grande número de fornecedores.

Uma prática que vem sendo adotada relacionada à posse e manutenção de estoques ao longo do tempo é o *postponement*¹², sendo tal prática concebida com o intuito de minimização de custos da distribuição física. O que se tem em jogo é o que seria mais lucrativo, ou investir em transportes (estoques em trânsito) ou então na manutenção de estoques em centros de distribuição e/ou manutenção de instalações, ou então em uma mescla de ambos.

3.2.3 Gestão de materiais

A gestão de materiais tem seu foco principal no planejamento e controle dos processos internos da empresa (JIT, KANBAN, MRP) e não concentra o seu foco na distribuição física de produtos finais.

¹² *Postponement* - ferramenta logística e de produção que trata do retardamento, ou adiamento, da finalização de produtos, ou processos, até o recebimento de fato de pedidos customizados. Trata-se de uma estratégia de produção que procura retardar, até o último momento possível, a caracterização final de produtos e/ou serviços, com o objetivo de facilitar a redução dos estoques e incrementar capacidade de personalização daquilo que se oferece ao mercado com o objetivo de aumentar o nível de serviço. <Glossário de Logística- FESP. Disponível em: <<http://www.guiadelogistica.com.br>> Acesso em: mai, 2004. Acesso em: mai, 2004.>

3.2.3.1 *Just in Time & Kanban*

O JIT (*Just in Time*), tem como característica primordial, ser um sistema de planejamento e controle de produção de manufatura puxado, ou simplesmente programação puxada¹³. SLACK et al. (1997, p.247)

Em um sistema de planejamento e controle puxado, o passo e as especificações de o que é feito são estabelecidos pela estação de trabalho do 'consumidor', que 'puxa' o trabalho da estação de trabalho antecedente (fornecedor). O consumidor atua como o único 'gatilho' do movimento. Se uma 'requisição' não é passada para trás pelo consumidor para o fornecedor, o fornecedor não é autorizado a produzir nada ou mover qualquer material. Uma requisição de um consumidor não só aciona a produção no estagio de fornecimento, ele também prepara o estagio fornecedor, para requisitar uma outra entrega de seus próprios fornecedores. Dessa forma a demanda é transmitida ao longo das etapas, a partir do ponto de demanda original pelo consumidor original.

A idéia em que repousa o *Just in Time* (JIT) é simples: adquirir ou produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários, ou seja, apenas no tempo certo de fabricação e venda e não antes para que não se transformem em estoques, e nem depois para que seus clientes não tenham que esperar, sabendo que além desse fator temporal do JIT, ele visa atender às necessidades de demanda instantaneamente com qualidade, eficiência além de eliminar desperdícios no processo total de fabricação. SLACK et al. (1997, p.355)

Just in Time (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global, e eliminar desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho de equipe. Uma filosofia chave do JIT é a simplificação.

¹³ **Programação Puxada** - Em um sistema de "puxar", a produção começa quando a demanda acontece de fato. A produção é disparada por um sistema de controle descentralizado. Para evitar longos tempos de espera, peças e produtos acabados devem ser estocados nos chamados *buffers* ou pulmões. Logo, os sistemas de "puxar" são chamados de sistemas com nível mínimo de inventário enquanto que os sistemas de "empurrar" são conhecidos como sistemas de inventário zero (apesar disto não ocorrer na realidade).

Segundo SILVA, CECCHETTO e COSTA (2000), a filosofia *Just in time* prega os seguintes aspectos básicos:

- eliminação de desperdícios através do Controle de Qualidade Total;
- esforço contínuo na resolução de problemas, prevenir problemas É mais importante do que resolvê-los;
- manufatura do fluxo de produção estável e contínuo (evitar interrupções);
- buscar a simplificação contínua, visando a melhoria dos Processos (eficiência);
- considerar fornecedores e clientes como extensão do Processo de Manufatura;
- incentivar a diversificação da capacidade dos funcionários (funcionários polivalentes);
- envolvimento total dos funcionários no processo, com enfoque para o relacionamento Cliente x Fornecedor;
- estabelecer o controle visual e a comunicação entre os Processos Produtivos;
- utilização do sistema Kanban como técnica de controle para reabastecimento, reposição e manutenção;

Uma maneira fácil de compreender as diferenças do JIT com relação a abordagem tradicional de manufatura é através da análise de contrastes existentes entre o processo tradicional e o processo JIT:

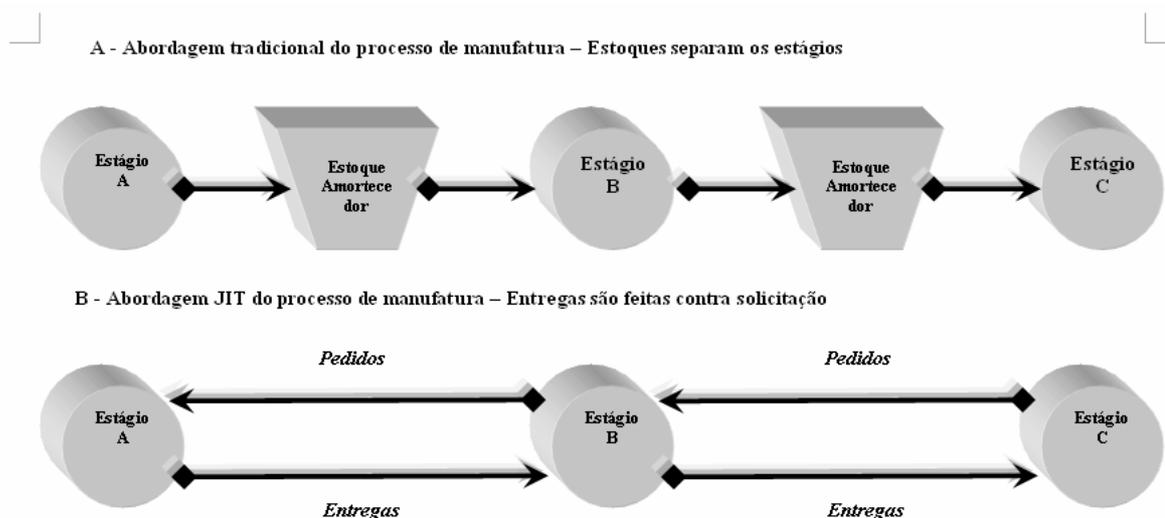


Figura 10: Fluxos (A) tradicional e (B) JIT entre estágios

Fonte : SLACK et al. (1997, p.356)

O JIT deve ser analisado sobre dois pontos de vista: como uma Filosofia de Manufatura ou como uma coleção de Ferramenta e técnicas de Produção.

1. **Filosofia de manufatura** – O JIT é normalmente encarado como uma filosofia de manufatura dando uma visão clara para guiar as ações e estratégias dos gerentes de produção na execução de diferentes atividades ou em contextos diferenciados. Objetiva os seguintes aspectos:

- a. **eliminar desperdícios** – o desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agrega valor. Tais desperdícios podem ser: Produção excessiva; Longos tempos de espera; Transporte inadequado; Fontes de resíduos no processo; Redução de estoques através da eliminação de suas causas; Aprimoramento nas formas e dispositivos para redução de perdas na movimentação; Produtos defeituosos;
- b. **envolvimento de todos no processo** – ele visa diretrizes que dão enfoque sistêmico a todos os funcionários e a todos os processos da organização;
- c. **aprimoramento contínuo** – através da interação constante de todos os setores e pessoas da empresa, visando a geração de alternativas para o aperfeiçoamento de todos os fatores envolvidos em cada uma das fases do processo de produção. Promove a melhoria através da eliminação de problemas identificados nos processos correntes. Consiste em cinco fases, as "5S", conforme aponta SILVA et al. (2000), a saber:
 - 1ª Fase: **Seiri (Descarte)** – Ter somente à disposição o necessário, no momento e na quantidade certa;
 - 2ª Fase: **Seiton (arrumação ou organização)** – Ter um lugar determinado para cada coisa. Cada coisa em seu devido lugar;
 - 3ª Fase: **Seiso (Limpeza)** - Manter limpo o ambiente de trabalho;
 - 4ª Fase: **Seiketsu (Higiene)** - Preocupar-se e cuidar do asseio e da aparência pessoal;
 - 5ª Fase: **Shitsuke (Disciplina)** - Busca constante pela melhoria e aperfeiçoamento;

2. **Ferramentas e técnicas** – o *JIT* considerado como um grupo de ferramentas e técnicas os quais são:

- a. **práticas básicas de trabalho** – Disciplina, Flexibilidade, Igualdade, Autonomia para preparar a linha, para a programação de materiais, para a coleta de dados e para a resolução de problemas, Desenvolvimento de pessoal, Qualidade de vida no trabalho e Criatividade;
- b. **projeto para manufatura** – aprimoramentos no projeto da manufatura podem reduzir o custo do produto final através de mudanças no número de componentes e sub-montagens, além de melhor uso de materiais e métodos;
- c. **foco na produção** – a simplicidade, a repetição e a experiência trazem competência;
- d. **máquinas pequenas e simples** – várias máquinas pequenas podem ser usadas, ao invés de uma máquina grande;
- e. **arranjo físico e fluxo** – várias técnicas de arranjo físico pode ser utilizadas para promover um fluxo suave de materiais, dados e pessoas em meio ao processo produtivo. Por exemplo: deve-se buscar a proximidade dos postos de trabalho de forma que o processo esteja transparente para todas as partes da linha, facilitando a visualização do processo produtivo; usar linhas em forma de **U** para facilitar a movimentação dos funcionários entre postos de trabalho e assim balancear a capacidade produtiva; e adotar o arranjo físico celular;
- f. **TPM (Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total)** - tal procedimento visa eliminar a variabilidade em processos de produção, que é causa por defeitos de quebras não planejadas. A manutenção tem como função primordial, segundo PINTO e XAVIER (2003, p.22)

Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados.

Para MIRSHAWKA e OLMEDO (1991, p.87)

Se uma empresa desejar efetivamente a sobrevivência, em vista da contínua melhoria da concorrência, o caminho a trilhar é, sem dúvida, o da intensificação das atividades de manutenção para se alcançar a excelência na manufatura.

- g. **redução de setup** – o tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote. Assim, os tempos de *setup* podem ser reduzidos através de eliminação do tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-visualização de tarefas que retardam as trocas e a constante prática de rotinas de *setup*;
- h. **envolvimento total das pessoas** – é uma extensão das práticas básicas de trabalho e prevê que os funcionários assumam muito mais responsabilidades no uso de suas habilidades para o benefício da Companhia como um todo;
- i. **visibilidade** – os problemas, projetos de melhorias da qualidade e listas de verificação de operações devem ser visíveis e exibidas de forma que possam ser facilmente vistas e compreendidas por todos os funcionários;

3. Técnicas do planejamento e controle do JIT – são as seguintes:

- i) **Controle Kanban** – O sistema de controle *Kanban* é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado e foi desenvolvido na *Toyota Motor Company* por Taiichi Ohno. A palavra *Kanban* significa cartão, sinal ou anotação visível, sendo que em algumas vezes pode ser chamado de “correia invisível”, pois controla a transferência de material de um estágio a outro da operação. Há diferentes tipos de *Kanban*, conforme afirma SLACK et al. (1997, p.368)

1. *Kanban de transporte* – (...) é usado para avisar o estágio anterior que o material pode ser retirado do estoque e transferido para uma destinação específica, (...) e terá detalhes como número e descrição do componente específico, o lugar de onde ele deve ser retirado e a destinação para a qual ele deve ser enviado;

2. *Kanban de produção* – (...) é um sinal para um processo produtivo de que ele pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque, sendo que a informação contida neste tipo de *kanban* normalmente incluir número e descrição do componente, descrição do próprio processo, materiais necessários para a produção do componente, além da destinação para a qual o(s) componente(s) deve(m) ser enviado(s) depois de produzido(s);

3. *Kanban do fornecedor* - (...) são usados para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componentes para um estágio da produção.(...) É similar ao *Kanban* de transporte, porém é normalmente utilizado com fornecedores externos;

- ii) **Programação nivelada** – *Heijunka* é a palavra japonesa para nivelamento do planejamento da produção, de modo que o mix de produção e o volume sejam constantes ao longo do tempo, ou seja, ratear o processo produtivo em relação a um período de tempo estipulado, e só produzindo quando fosse realmente necessário;
- iii) **Modelos mesclados** – A busca pela flexibilidade da produção e da redução dos tempos de preparação de equipamentos, reflete-se na ênfase dada à produção de modelos mesclados de produtos, permitindo uma produção adaptável à mudanças de curto prazo e obtendo ganhos de produtividade;
- iv) **Sincronização** – A idéia do processo de sincronização é atribuir ao processo de transformação, uma cadência de produção diretamente vinculada ao ritmo das vendas. Este procedimento requer a supressão das contingências de produção, o encurtamento dos ciclos de fabricação decorrentes da eliminação dos tempos improdutivos (espera, manutenção), a redução dos tempos de preparação das máquinas visando minimização dos custos relacionados com a complexidade da estrutura produtiva, a produção realizada em lotes de tamanho reduzido e a adoção dos meios de produção flexíveis. Porém, existem algumas contingências conforme afirma OLIVEIRA e SCHEURER (2005)

As principais limitações do JIT estão ligadas à flexibilidade de faixa do sistema produtivo, no que se refere à variedade de produtos oferecidos ao mercado e a variação de demanda de curto prazo. O sistema JIT requer que a demanda seja estável para que se consiga um balanceamento adequado dos recursos, possibilitando um fluxo de materiais suave e contínuo. Caso a demanda seja muito instável, há a necessidade de manutenção de estoques de produtos acabados em um nível tal, que permita que a demanda efetivamente sentida pelo sistema produtivo tenha certa estabilidade.

3.2.3.2 JIT II

O conceito de JIT II foi concebido e implementado em 1987 pela *Bose Corporation*, produtora de sistemas de som profissionais de alta qualidade e de sistemas de auto falantes. Segundo BOWERSOX e CLOSS (2001, p.409) apud SCHMITT (2002, p.42)

A Bose Corporation é a maior fabricante de sistemas de áudio de alta fidelidade e dedica-se a fabricação de alto falantes, sendo que seus produtos equipam desde 1990 os sistemas de som automotivo dos carros americanos das marcas General Motors, Honda, Acura, Audi e Nissan.

Em um sistema JIT II, o fornecedor é trazido para a fábrica, para ser um membro ativo do departamento de compras do cliente. Conforme SCHMITT (2002, p.42)

(...) A empresa adotou a sigla JIT II, pois enquanto o JIT buscava a eliminação de estoques e aproximava os clientes e fornecedores à empresa, o JIT II pretendia ir mais além, descartando a necessidade da figura do comprador e do vendedor, sendo que a estratégia consistia em estabelecer uma relação de parceria com os fornecedores, onde estes fornecedores mantinham um funcionário lotado dentro das instalações do cliente.

O representante da fábrica permanece em tempo integral nas instalações produtivas por conta do fornecedor e está autorizado a planejar e programar a reposição de materiais suprida pelo fornecedor. Esse é um exemplo de estoques gerenciados pelo fornecedor.

RITZMAN e KRAJEWSKI (2004, p.410), apontam algumas funções desse representante que são exercidas normalmente. Tais funções são:

- emitir ordens de compra da sua própria empresa em nome da empresa em que está instalado;
- trabalhar em idéias de projeto para ajudar a economizar custos e aperfeiçoar os processos de manufatura;
- gerenciar os programas de produção de fornecedores, supridores de materiais e outros empreiteiros;

O representante, na fábrica, substitui o comprador, o vendedor e, algumas vezes, o planejador de materiais em um arranjo JIT típico. Desse modo, o JIT II incentiva uma interação muito mais próxima com os fornecedores. Assim como afirma SCHMITT (2002, p.42-43)

As principais vantagens de implantar tal estratégia são a diminuição do número de funcionários envolvidos em atividades de compra e venda, o aumento da agilidade para o *start* do ressuprimento acarretando diminuição nos prazos de entrega e o fortalecimento das relações entre fornecedor – cliente. Porém, um ponto negativo que pode ocorrer nessa relação refere-se a possível comparação de salários entre os funcionários do cliente e o representante do fornecedor, que pode gerar insatisfação de alguns dos dois lados se houver grande disparidade salarial entre eles.

Em geral, o JIT II oferece os seguintes benefícios para o cliente:

- a. Liberado das tarefas administrativas, o pessoal de compras é capaz de trabalhar para aumentar as eficiências em outras áreas do setor de compras;
- b. A comunicação e a colocação de ordens de compra melhoram consideravelmente;
- c. O custo de materiais é reduzido imediatamente e as economias são constantes;
- d. Os fornecedores preferidos participam mais cedo do processo de design do produto;
- e. Uma base natural é disponibilizada para a transmissão eletrônica de dados (TED), um preenchimento eficaz de papelada e economias administrativas;

O sistema JIT II oferece, também os seguintes benefícios para o fornecedor:

- a. Elimina o esforço de vendas;
- b. A comunicação e a colocação de ordens de compra melhoram consideravelmente;
- c. O volume de negócios aumenta no início do programa e continua a crescer à medida que novos produtos são introduzidos;
- d. Um contrato de renovação automática é assumido, sem data de término e sem uma nova concorrência;
- e. Um fornecedor pode comunicar-se e ter relações diretas com a engenharia;
- f. O faturamento e a administração dos pagamentos são eficientes;

O JIT II representa um avanço em relação a outros sistemas *Just in time* por proporcionar a estrutura organizacional necessária para melhorar a coordenação com o fornecedor, integrando os processos de logística, produção e compras.

3.2.3.3 MRP & MRP II

O MRP é caracterizado por ser um Processo de Planejamento e Controle de Produção da Manufatura Empurrado, ou simplesmente programação empurrada¹⁴. Segundo SLACK et al. (1997, p.247)

Em um sistema de planejamento e controle empurrado, as atividades são programadas por meio de um sistema central e completados em linha com as instruções centrais, como em um sistema MRP. Cada Centro de trabalho empurra o trabalho, sem levar em consideração se o central de trabalho seguinte pode utilizá-lo. Os centros de trabalho são coordenados por meio de um sistema central de planejamento de controle de operações.

Em seu formato original, ou seja, o MRP I ou simplesmente MRP é sistema de planejamento e controle de produção e estocagem que permite que as empresas calculem as necessidades de quantos tipos de determinados materiais são necessários e em que momento; sendo que para fazer tal cálculo o MRP utiliza os pedidos em carteira, assim como uma previsão para os pedidos que a empresa acha que irá receber. Assim, o MRP verifica todos os ingredientes ou componentes que são necessários para completar esses pedidos, garantindo que sejam providenciados a tempo.

Ao longo do tempo o conceito de MRP, Planejamento de Necessidade de Materiais, desenvolveu-se de um foco na gestão de operações que auxiliavam o planejamento e controle das necessidades de materiais, para se tornar em um sistema corporativo que apóia o planejamento e controle de todas as necessidades de recursos do negócio, ou seja, seu conceito evolui para o MRP II “*Manufacturing Resource Planning*” ou Planejamento dos Recursos de Manufatura. Então, enquanto o MRP I era essencialmente voltado para o planejamento e controle da produção e estoques, o MRP II abrange um plano global para o planejamento e monitoramento de todos os recursos das diversas áreas de uma empresa de manufatura tais como: manufatura, marketing, finanças e engenharia.

¹⁴ **Programação Empurrada** - sistemas do tipo “empurrar”, a produção é iniciada a partir de uma instância central de planejamento que faz uso de previsões para demandas futuras. A produção neste caso é iniciada antes da ocorrência da demanda, pois de outra maneira os bens não poderiam ser entregues dentro do prazo. Portanto, os *lead times* de produção têm de ser conhecidos ou aproximados.

3.2.4 Logística

Explicado no início do capítulo o significado de logística é bem mais abrangente do que a gestão da distribuição física, pois envolve não somente a unidade produtiva e clientes de primeira camada, assim como os da segunda, terceira até a enéssima camada da cadeia de suprimentos, uma vez estabelecido que o processo parte de uma unidade produtiva à jusante e todos os demais elos da cadeia estejam à montante¹⁵ desta unidade.

A logística trata o processo de manufatura como uma “caixa preta”, focalizando assim suas forças no processo de distribuição física (transporte, armazenagem, processos de informações, marketing, etc);

3.2.4.1 Logística reversa

De um modo geral, as sociedades têm procurado buscar formas mais harmoniosas de vida. E, tanto pelas fontes de matérias-primas como pelos resíduos, exigem-se cada vez mais produtos que, após o término de sua vida útil, não causem impactos negativos ao meio ambiente. As empresas, por força da legislação ou para mater-se no mercado estão chegando a reconhecer que, se responsabilizar com os resíduos que geram seus processos produtivos pode significar ganhos financeiros e diferenciais competitivos, trazendo conseqüências imediatas no valor dessas organizações. Implementar uma gestão para esses resíduos envolve a logística reversa. O modelo tradicional de logística de fluxo normal, que não assume preocupação com os resíduos, é definido por BOWERSOX (2001) como

O esforço integrado com o objetivo de ajudar a criar valor para o cliente pelo menor custo total possível, existindo para satisfazer às necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e marketing.

KRIKKE (1998) apud DAHER et al. (2004), apontam as diferenças entre os sistemas de logística com fluxo normal e a Logística Reversa:

1. A primeira diferença é que a logística tradicional é um sistema onde os produtos são puxados (*pull system*), enquanto que na Logística Reversa

¹⁵ *À Montante* – Fazendo uma analogia da Cadeia de Suprimentos ao fluxo de água em um rio, as organizações localizadas mais perto dos clientes finais são descritas como “à montante”. Assim o fato de uma empresa ser considerada como estando à montante depende da exata posição de sua unidade produtiva dentro do fluxo.

existe uma combinação entre puxar e empurrar os produtos pela cadeia de suprimentos.

2. Em segundo lugar, os fluxos tradicionais de Logística são basicamente divergentes, enquanto que os fluxos reversos podem ser fortemente convergentes e divergentes ao mesmo tempo.
3. Terceiro, os fluxos de retorno seguem um diagrama de processamento pré-definido, no qual produtos descartados são transformados em produtos secundários, componentes e materiais. No fluxo normal esta transformação acontece em uma unidade de produção, que serve como fornecedora da rede.
4. Por último, na Logística Reversa, os processos de transformação tendem a serem incorporados na rede de distribuição, cobrindo todo o processo de produção, da oferta (descarte) à demanda (reutilização).

O termo "reverso" aplicado à Logística tem sido referido a movimentações de materiais no sentido inverso ou contrário ao da Cadeia de Suprimentos. Na realidade, a movimentação reversa é uma fase intermediária de um grande processo que nasce nas fontes de materiais utilizados na fabricação de produtos até as diversas formas possíveis para seu descarte ou reaproveitamento. A definição de Logística Reversa, conforme RAZZOLINI (2002)

(...) uma atividade Logística em que uma empresa ocupa-se da coleta de seus produtos usados, danificados ou ultrapassados, embalagens e/ou outros resíduos finais gerados pelos seus produtos. A Logística Reversa inclui a distribuição reversa, e faz com que os fluxos físicos, informacionais e financeiros sigam na direção oposta das atividades Logísticas usuais. São as atividades e habilidades gerenciais Logísticas que se relacionam com a administração, redução e disposição de resíduos/detritos, perigosos ou não, derivados de produtos e/ou embalagens.

A Logística Reversa para ROGERS e TIBBEN-LEMBKE (1998, p.2)

O processo de planejar, implementar, e controlar o eficiente custo fluxo efetivo de matérias-primas, inventários (estoques) em processo, bens acabados e informações desde o ponto de consumo até o local de origem com o propósito de recapturar (adquirir novamente) valor ou se adequar para estar a disposição para a coleta e/ou tratamento (lixo).

Assim, observa-se que a Logística Reversa possui grande valia para os processos produtivos empresariais, pois, trata de questões muito mais amplas que simples devoluções, os materiais envolvidos nesse processo geralmente retornam

ao fornecedor, são revendidos, reconicionados, reciclados ou simplesmente são descartados e substituídos.

3.2.5 Gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management*)

A *Supply Chain Management* (SCM), ou seja, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos envolve o conjunto de processos e organizações de forma holística desde a fonte de matéria-prima até o cliente final, diferenciando-se da Logística, que é orientada aos processos de uma única empresa e seus respectivos provedores logísticos. Esta forma dinâmica de gerenciamento busca otimizar e organizar a produção com base na demanda estimada, integrando as duas pontas da cadeia, ou seja, os fornecedores na extremidade à jusante de toda a cadeia, até os clientes finais na extremidade à montante de toda a cadeia.

A SCM é um modelo de gestão integrada adotado pelas empresas para evitar o desperdício, reduzir custos, otimizar processos e oferecer um melhor serviço ao consumidor. É uma abordagem que implica na conjugação sinérgica de todos os esforços “inter e intra-organizacionais¹⁶” no sentido de atender às necessidades e/ou desejos do cliente final, proporcionando assim a sua satisfação plena. Visa fornecer às organizações uma diferenciação competitiva estratégica, introduzindo uma importante mudança no paradigma competitivo, na medida em que considera que a competição no mercado ocorre, de fato, nos diversos níveis hierárquicos que são compostas as cadeias produtivas, e não apenas no nível das unidades de negócios (OEN), ou seja, competição de empresa para empresa de forma isolada.

Através desses relacionamentos e/ou parcerias inter-organizacionais, almeja-se a criação de unidades de negócios “virtuais” de forma a aproveitar-se a sinergia existente entre as organizações envolvidas na cadeia de suprimentos, obtendo-se assim, muitos benefícios dessa integração vertical, cujo objetivo principal é o de agregar valor ao produto a ser oferecido ao cliente final da cadeia produtiva. Assim a *Supply Chain Management* (SCM), trata-se de um modelo em que cada elo da cadeia trabalha sempre com uma visão holística e proativa enfocada no cliente final e não apenas no elo seguinte da cadeia produtiva.

¹⁶ **Inter-organizacional** – Processo de cooperação entre diversas organizações;
Intra-organizacional – Processo de cooperação interno na organização;

Segundo SLACK et al. (1997, p. 318-319), os objetivos da gestão da cadeia de suprimentos são:

- i) **Focalizar na satisfação dos clientes finais:** O cliente final é o elo mais importante da cadeia, pois quando decide realizar uma compra ele dispara uma ação ou ações ao longo da cadeia de suprimentos. Assim todos os negócios da cadeia transferem de um para o(s) outro(s) a(s) proporções do dinheiro do cliente final, sendo que cada elo da cadeia retém a margem da proporção correspondente ao valor por ele agregado;
- ii) **Formular e implementar estratégias baseadas na obtenção e retenção de clientes finais:** A empresa chave numa cadeia de suprimentos é aquela mais forte, e que cujo nível de influência em relação às demais faz com que toda cadeia trabalhe de forma sinérgica e integrada na busca do objetivo comum de reter clientes finais. SLACK et al. (1997, p. 318) diz, por exemplo:

Na indústria automobilística, a empresa-chave é normalmente a montadora de veículos, ainda que ela esteja localizada vários elos à montante na cadeia de suprimentos. Ela estabelece os padrões e geralmente determina o projeto da infra-estrutura, como o sistema de informações utilizado, ao qual a rede de distribuidores, à jusante, devese adequar.

- iii) **Gerenciar a cadeia de maneira eficaz e eficiente:** Ter em mente todos os elos da cadeia em uma abordagem holística para abrir oportunidades de análise e aprimoramento. Assim, deve-se observar o ciclo de vida do produto, analisando os elos da cadeia como um todo, localizando os focos de atraso dos processos “negócios gargalos”, permitindo o gerenciamento da cadeia de forma efetiva, de modo a reduzir o prazo de introdução de novos produtos no mercado.

Para a otimização de toda a cadeia produtiva e obtenção dos objetivos almejados, utiliza-se de diversos mecanismos e/ou recursos, aos quais também se devem à evolução da tecnologia da informação, como auxílio. Segundo RAZZOLINI (1999, p.10-11), dentre esses mecanismos/recursos podem-se citar:

1. **Redução do número de fornecedores** – estabelecimento de relacionamento de parcerias colaborativas;
2. **Integração de informações com fornecedores, clientes e operadores logísticos** – utilizando-se sistemas como:

- a. **EDI (*Electronic Data Interchange*)** – para a troca rápida de informações que possam agilizar os processos produtivos. O EDI segundo ACCESSTAGE S/A (2005) como:

É uma transferência eletrônica de documentos entre computadores. Estes documentos podem ser ordens de compra, faturas de compra, notas fiscais, ordens de pagamento, etc, ou seja, informações onde não é admitida ambigüidade e deve atender a um padrão acordado entre o emissor e o receptor. Pode ser totalmente automatizado e integrado com sistemas de gestão ERP. Assim o EDI simplifica e agiliza todo o tipo de processo, reduzindo custos e eliminando documentos impressos e fax. Os documentos são enviados eletronicamente entre os parceiros, independente de distância, horário e equipamento utilizado. É uma ligação direta entre dois parceiros comerciais.¹⁷

- b. **ECR (*Efficient Consumer Response*)** – o ECR é um processo para a reposição automática de produtos no ponto de venda. É uma estratégia em que o varejista, o distribuidor e o fornecedor trabalham muito próximos para eliminar custos e excedentes da cadeia de abastecimento e melhor servir o consumidor. Segundo a Associação ECR Brasil, o termo *Efficient Consumer Response* – ECR (2005) é

É uma estratégia na qual o varejista, o distribuidor e o fornecedor trabalham muito próximos para eliminar custos excedentes da cadeia de suprimentos e melhor servir ao consumidor.

FREIRES (2000, p.79), afirma que

O ECR é uma ferramenta que atualmente tem sido empregada para o gerenciamento da cadeia logística. Apesar de não ser um método de custeio, por focar a redução do tempo de entrega e eliminar as atividades que não agregam valor ao processo de distribuição de produtos, o ECR consegue eliminar custos. Essa redução dos custos ocorre devido à proposição da redução de gastos com burocracia através da informatização, eliminando atividades como preenchimento de formulários. O ECR propõe uma utilização mais eficiente do espaço de suprimentos.

- c. **JIT (*Just in Time*)** – para diminuição geral dos níveis de estoques (em toda a cadeia produtiva) foi detalhado na seção 3.2.3.1;

3. **Representantes permanentes junto aos principais clientes** – possibilitando um melhor balanceamento entre as necessidades do cliente e a capacidade produtiva da empresa;

¹⁷ Definição de EDI (*Electronic Data Interchange*) - Disponível em: <http://www.accesstage.com.br/faq.htm#1>
Acessado em: 26/03/2005 .

4. **Desenvolvimento conjunto de novos produtos** – atendimento das necessidades específicas de determinados clientes, busca-se o envolvimento dos fornecedores desde os estágios iniciais do desenvolvimento de novos produtos;
5. **Integração das estratégias competitivas dentro da cadeia produtiva** – através de relacionamentos profundos de parcerias colaborativas, busca-se adequar estratégias competitivas unificadas, com os mesmos objetivos, entre empresas diferentes (intra-organizacionais);
6. **Desenvolvimento conjunto de competências e capacidades na cadeia produtiva** :
 - a. **Competência** – sendo o elemento de ligação entre estratégia e infraestrutura, é qualitativa e, não é vista ou percebida pelos clientes, embora agregue valor aos produtos;
 - b. **Capacidade (*Capability*)** – representando o *know-how*, habilidades e práticas associadas com a integração e operação de processos;
7. **Global Sourcing** – é uma visão mais abrangente do SCM, pois, trabalha-se com fornecedores/parceiros e clientes independentemente da sua localização geográfica no globo terrestre. É necessário que as práticas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de novos produtos seja feita em conjunto, e que a transmissão eletrônica de dados (EDI), seja uma prática constante;
8. **Outsourcing** – filosofia de gestão a qual parte da premissa que um percentual dos conjuntos de produtos e serviços utilizados por uma empresa (dentro da cadeia produtiva) são providenciados por uma empresa externa, num relacionamento de interdependência e estreita colaboração, permitindo que a empresa cliente concentre-se naquilo que é sua competência principal (Core Competence). Assim o *outsourcing* vai muito além da simples terceirização, uma vez que o fornecedor mantém uma integração profunda e de colaboração estreita com o cliente;
9. **Follow Sourcing** – é como se conhece a política que as empresas adotam de trabalhar com o mesmo fornecedor de um item em todas as suas unidades produtivas, independente da localização geográfica dessas unidades. Como exemplo pode-se citar à empresa Volvo e a Bosch: a Bosch, em Curitiba, fornece as bombas injetoras para todas as plantas da Volvo do mundo todo, cabendo à

Gerência de Suprimentos da planta da Volvo em Curitiba, gerenciar todo o processo de abastecimento das demais plantas da Volvo ao redor do mundo;

10. **Operadores logísticos** – compreende a(as) empresa(s) especializada(s) em assumir a operação parcial ou total de determinados processos dentro da cadeia logística. Podem-se citar as seguintes especializações:

- a. na área de transporte (tanto interno quanto externo);
- b. na armazenagem (de matéria-prima e/ou insumos, de produtos em processo e/ou de produtos acabados);
- c. os “*Solution Providers*” que se encarregam de gerenciar todo o processo de negociação com fornecedores, consolidação e movimentação de cargas, desembaraços aduaneiros (alfandegário) etc.

3.3 SISTEMAS MODERNOS DE CUSTEIO LOGÍSTICO

No decorrer dos anos, as operações de serviço passaram a ser considerado como fator de grande valia para as empresas, chegando a serem conceituadas como atividades de maior grau de importância que as operações produtivas, e sendo tal fato devido à sua propriedade de criar valor para os clientes. Desse modo análogo às operações logísticas, tais como: transporte, suprimentos, armazenamento, essas atividades passaram a ser conceituadas como fator de agregação de valor ao produto, e posteriormente valor aos clientes, uma vez que, sendo estes consumidores de tais produtos e/ou serviços.

Um dos principais desafios da logística moderna consiste em conseguir gerenciar a relação entre custos e o nível de serviço. Assim, o seu objetivo principal é conseguir um patamar satisfatório entre o nível de serviço com o mínimo custo denominado *trade-off*. Assim, BRECCIA (1997) apud BORNIA (2004, p. 3) diz que

Uma das dificuldades em se solucionar os problemas existentes entre nível de serviço e custos consiste na falta de sistemas adequados para a gestão dos custos logísticos (...) sendo que uma melhoria da rentabilidade da empresa e do serviço ao cliente são objetivos básicos da logística e podem ser melhorados com uma eficiente gestão de custos.

Devido ao processo de globalização e ao dinamismo do mundo empresarial, as tradicionais ferramentas de custeio, baseadas em informações contábeis, perderam espaço e novas metodologias foram desenvolvidas para identificação dos

custos da cadeia logística, FREIRES (2000, p. 48). Assim, com a criação de ferramentas para o processo de custeio logístico, obteve-se uma visão mais adequada de como tais ferramentas poderiam ser úteis para a tomada de decisões no âmbito empresarial. Tais ferramentas são: *Direct Product Profitability* (DPP), *Customer Profitability Analysis* (CPA), *Total Cost of Ownership* (TCO), *Efficient Consumer Response* (ECR) e *Balanced Scorecard* (BSC). Porém algumas dessas ferramentas só foram viabilizadas a partir da implantação de sistemas de custeio ABC/ABM.

3.3.1 Lucratividade direta por produto

A lucratividade direta por produto (DPP - *Direct Product Profitability*) ou Lucratividade Direta por Produto é um método que mede a lucratividade do produto de maneira mais apurada uma vez que subtrai da margem de contribuição os custos diretamente atribuídos aos produtos, BORNIA e FREIRES (2004). Ainda como afirma FREIRES (2000, p.49)

O lucro direto do produto é o termo atribuído à margem de lucro de um item que é calculada deste modo:

- Ajusta-se a margem bruta de cada produto para refletir os descontos e abatimentos;
- Identificam-se e medem-se os custos que podem ser atribuídos diretamente ao produto individualmente (custos diretos do produto, tais como mão-de-obra, espaço, estoques e transporte).

A figura abaixo descreve as etapas da mudança dos métodos de medição de custeio para a medição através da lucratividade direta por produto, que corresponde à contribuição líquida pelas vendas de um produto depois de adicionadas as sobretaxas e subtraídos todos os gastos que possam ser racionalmente alocados ou atribuídos ao produto individualmente.

<p>Vendas</p> <p>(-) Custo das mercadorias vendidas</p> <p>(=) Lucro bruto + Sobretaxas e desconto</p> <p>(=) Lucro bruto ajustado</p> <p>(-) Custos do Armazém</p> <p style="padding-left: 20px;">Mão-de-Obra</p> <p style="padding-left: 20px;">Instalações (área e cubagem)</p> <p style="padding-left: 20px;">Estoque (estoque médio)</p> <p>(-) Custo de transporte (cubagem)</p> <p>(-) Custo do varejo</p> <p style="padding-left: 20px;">Mão-de-Obra de estocagem</p> <p style="padding-left: 20px;">Mão-de-Obra dos balconistas</p> <p style="padding-left: 20px;">Instalações</p> <p style="padding-left: 20px;">Estoque</p> <p>(=) Lucro Direto do Produto</p>
--

Quadro 01: Etapas do modelo de obtenção da lucratividade direta por produto (DPP)

Fonte: CHRISTOPHER (1997) apud BORNIA e FREIRES (2004, p.4)

A técnica do DPP procura mensurar, além de identificar os custos que incorrem por produto ou por pedido, a medida que estes se fluem através da cadeia de suprimentos. O gerenciamento de tal técnica pode se tornar muito eficaz, pois se for efetivamente usado por todos os membros da cadeia, esta obterá ganhos expressivos em relação ao fluir de produtos em uma cadeia que não possui e/ou aborda tal técnica. Conforme afirmar SHANK e GOVINDARAJAN (1997) apud FREIRES (2000)

A determinação do custo do produto no seu ciclo de vida tem permitido às empresas explorar melhor a oportunidade existente nas interfaces com seus clientes.

Em relação ao comprador, suas percepções no ato da escolha e posteriormente o da compra, bem como o valor que influenciará suas ações de aquisição ou não do produto, dependerá das ações do fornecedor. Dessa a forma o fator que faz a diferenciação entre uma empresa campeã de uma medíocre, é a obtenção da criação de valor para o comprador. Isso porem só é obtido por meio da redução dos custos de seu comprador ou aumento do seu desempenho.

3.3.2 Análise da lucratividade de clientes

A análise da lucratividade de clientes (CPA - *Costumer Profitability Analysis*) traz como princípio básico em sua metodologia, que o fornecedor oriente todos os custos específicos de seus clientes para contas individuais, assim a CPA revelará clientes que proporcionam uma contribuição negativa para os lucros de uma organização. Para BORNIA e FREIRES (2004, p.4)

As atividades associadas aos clientes são distintas das relacionadas a produtos. Em geral, elas são desempenhadas nas fases de planejamento do transporte, carga, manuseio e descarga.

De uma forma geral os sistemas de custeio tradicionais calculam a lucratividade de seus clientes com base no lucro bruto, ou seja, a receita bruta de vendas a qual é gerada pelos clientes de um certo período, menos o custo das mercadorias vendidas. Porém, tais sistemas desconsideram que existem muitos outros custos reais que devem ser considerados e analisados, antes de se definir a lucratividade de um certo cliente. Conforme afirma FREIRES (2000, p.69)

A importância desses custos, que são ocasionados pela realização de atividades como prestação de serviços ao cliente, pode ser importante em termos da forma como as estratégias logísticas devam ser desenvolvidas.

Baseando-se no preceito que o CPA deve identificar os clientes que lhe proporcionem lucro ou então prejuízo, e dessa forma conduzir tais clientes de forma que tanto o fornecedor como os clientes obtenham ganhos em uma cadeia logística global, faz-se necessária sua identificação ou filtragem daqueles clientes em potencial. Ou seja, aqueles clientes que devido à natureza de sua transação ou envolvimento com o fornecedor seja identificado como parceiro ou membro da cadeia e que o seu fluxo de pedido seja freqüente e estável em um dado período. Dessa forma, têm-se tipos de negócios que abrangem uma gama muito grande de clientes, não sendo possível então fazer a análise individual da lucratividade de todos. No entanto, seria possível selecionar uma amostra representativa, de modo a obter uma visão dos custos relativos associados com esses diferentes tipos de clientes, ou canais de distribuição, ou ainda a estes segmentos de mercado, objetivando assim a análise de tais clientes.

O ponto de partida para a análise da lucratividade desses clientes é o valor das vendas brutas do pedido, do qual são subtraídos os descontos que são concedidos ao cliente naquele pedido. Assim relacionando todos os custos, de todas as atividades consumidas pelos clientes, subtraem-se os custos das mesmas observando-se o valor das vendas, obtendo-se assim as vendas líquidas. Tais possíveis custos são relacionados na tabela abaixo.

Custos das vendas
Comissões de vendedores
Estrutura de vendas
Bônus comerciais e descontos especiais
Custo de gerenciar contas-chave
Custo de processar pedidos
Custo de comercializar
Custo de embalar pedidos
Custo de manter estoques
Custo de manter espaço físico do armazém
Custo de manusear materiais
Custo de transporte interno de materiais
Custo de transportar produtos
Custo de receber pedidos
Custos de documentar pedidos

Quadro 02: Possíveis custos relacionados com clientes
Fonte: MANNING (1998) apud FREIRES (2000, p.70)

A CPA pode ser associada com a lucratividade dos canais de distribuição, sendo que tal associação pode ser viabilizada através da utilização do método de Custeio ABC (Activity-Based Costing), será detalhado na seção 3.3.4, permitindo assim determinar a lucratividade relativa de grupos de clientes e canais de distribuição.

3.3.3 Custeio total de propriedade

O custeio total de propriedade (TCO - *Total Cost of Ownership*) é uma das mais recentes ferramentas para se avaliar custos de uma parcela específica da cadeia logística. Através de tal método de custeio é possível ver qual a vantagem de adquirir um bem ou serviço de um fornecedor ao invés de outro.

Segundo SIFERD (1997) apud FREIRES (2000, p.53)

Uma análise através da ferramenta TCO compreende que os custos associados com a aquisição, uso e manutenção de um item são considerados como critérios de aquisição desse item, e não somente o seu preço de compra. O TCO considera os custos gerados pelas atividades que ocorrem antes, durante e depois do ato de aquisição de um insumo.

O TCO faz a uso do Índice de Desempenho de Fornecedores (IDF) para mensurar as falhas (não conformidades dos fornecedores), e sua posterior correção, este índice é calculado pela equação:

$$\text{IDF} = \frac{\text{Custos Totais de não Conformidade} + \text{Preço de Compra}}{\text{Preço de Compra}}$$

Sendo:

- **Preço de compra** = Gastos de aquisição dos produtos ou gastos de aquisição das mercadorias compradas de determinado fornecedor durante o período;
- **Custo de não conformidade** = Horas padrão para correção X custo padrão;
- **Custos totais de não conformidade** = \sum Números de ocorrências X Custos de não conformidade;

Como exemplo hipotético da forma como o TCO faz uso de seu potencial para medir o desempenho dos fornecedores, são mostrados na tabela abaixo tipos de não conformidades, a quantidade de horas despendidas para a sua solução e seus custos. Assim, para cada evento, ou seja, a sua não conformidade, o número de ocorrências durante o último período é multiplicado pelo custo unitário da não conformidade, obtendo-se assim o custo de não conformidades. O exemplo hipotético abaixo, demonstra tal situação.

Não conformidades	Horas padrão para correção	Custo Padrão (hrs. X \$ 50)
Documentação	3	\$ 150,00
Inspeção de entrada de material	12	\$ 600,00
Retorno ao fornecedor	6	\$ 300,00
Retrabalho	15	\$ 750,00
Descarregamento	7	\$ 350,00
Carregamento	2	\$ 100,00
Atraso na entrega	10	\$ 500,00

Quadro 03: Custo padrão das não conformidades
Fonte: CARR e ITTNER (1992) apud BORNIA e FREIRES (2004, p.6)

Baseando-se em tais dados, conforme FREIRES (2000, p.50-51) e devido à frequência em que cada não-conformidade possa ocorrer, podem-se ter alguns outros valores necessários para o cálculo do TCO:

Gasto de aquisição dos produtos:	R\$ 250.000,00
Custos de não conformidade:	
Retorno ao fornecedor: (2 ocorrências x R\$ 300,00).....	R\$ 600,00
Descarregamento: (5 ocorrências x R\$ 350,00)	R\$ 1.750,00
Atrasos na entrega de produtos: (3 ocorrências x R\$ 500,00).	R\$ 1.500,00
Custo total de não conformidade:	R\$ 3.850,00

Dessa forma, baseado no **IDF** tem-se os seguintes valores:

$$IDF = \frac{R\$ 3.850 + R\$ 250.000}{R\$ 250.000} = 1,015$$

Então, é obtido o Índice de Conformidade do Fornecedor, no exemplo é 1,015.

A avaliação ou a seleção de fornecedores é realizada com base no IDF. Para uma melhor visualização, se apresenta como exemplo, a comparação entre dois fornecedores distintos. Consideram-se seus respectivos Índices de Desempenho do Fornecedor, e seus Preços de Compra Unitários. No exemplo seguinte se mostram seus custos totais unitários, segundo FREIRES (2000, p.51)

	<u>Fornecedor A</u>	<u>Fornecedor B</u>
<u>Preço de Compra Unitário</u>	<u>R\$ 100,00</u>	<u>R\$ 105,00</u>
<u>IDF</u>	<u>1,1</u>	<u>1,0</u>
<u>Custo Total Unitário</u>	<u>R\$ 110,00</u>	<u>R\$ 105,00</u>

Analisando-se somente o preço de compra, pode-se concluir que o fornecedor **A** é mais atraente que o fornecedor **B**. Entretanto, sob a ótica do TCO, o fornecedor **B** torna-se melhor que o **A**.

3.3.4 Custeio baseado em atividades

O método do custeio baseado em atividades (*ABC - Activity-Based Costing*) foi divulgado principalmente pelos professores Robert Kaplan e Robin Cooper da *Harvard Business School*. Seu foco inicial tinha como preceito o de eliminar as distorções na apuração dos custos dos produtos e serviços causados pelos métodos tradicionais de custeio, além de objetivar uma melhor precisão do custeio de produtos e serviços. Segundo MAUAD e PAMPLONA (2003, p.6-7)

O sistema de custeio ABC é uma ferramenta que permite melhor visualização dos custos através da análise das atividades executadas dentro da empresa e suas respectivas relações com os objetos de custos. Nele, os custos tornam-se visíveis passando a ser alvos de programas de redução e de aperfeiçoamento de processos, auxiliando, assim, as organizações a tornarem-se mais lucrativas e eficientes. (...) A idéia do ABC (...) parte do princípio de que os recursos são consumidos pelas atividades e estas, por sua vez, são consumidas pelos objetos de custos.

Este método de custeio foi concebido com o intuito de assinalar as causas básicas que levam ao surgimento dos custos, sendo inicialmente desenvolvido para as empresas de manufatura para melhorar o custeio dos produtos. No entanto o sistema de custeio ABC atualmente também está sendo aplicado com o mesmo sucesso nas empresas de serviços. Segundo JOHNSON (1992) apud PEREIRA FILHO (2002, p. 64)

O método ABC teve origem na tentativa de melhorar a utilidade da informação contábil para a tomada de decisão em relação à produtividade da força de trabalho e o mix do produto.

Conforme MAUAD e PAMPLONA (2003, p.7-8) alguns conceitos que se fazem necessários são mencionados a seguir, para a total compreensão e aplicação do método de custeio ABC:

- i) **Recursos:** São todos os insumos econômicos aplicados ou utilizados para a realização de uma atividade dentro de uma organização. Como por exemplo: salários, aluguel, energia elétrica, insumos de produção, etc;
- ii) **Direcionadores de recursos ou de primeiro estágio:** Para MARTINS (2003) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.7), define direcionadores de recursos como o fator que determina a ocorrência de uma atividade, e como estas exigem recursos para serem realizadas, deduz-se que o direcionador é a verdadeira causa dos custos, pois ele identifica a maneira como as atividades consomem recursos e servem para custeá-las, ou seja, demonstra a relação entre os recursos gastos e as atividades. Assim, alguns direcionadores típicos de recursos podem ser vistos no gráfico abaixo:

CATEGORIA DE CUSTO	DIRECIONADORES DE RECURSOS
De ocupação (impostos prediais, aluguel, arrendamento)	Área (metros quadrados)
Setor de pessoal	Número de empregados
Segurança e limpeza	Área (metros quadrados)
Manutenção preventiva	Nº de máquinas no programa, Nº de quebras, Registros nos cartões de tempo
Reparo de máquinas	Registros nos cartões de tempo, Designações de trabalhadores
Ferramentaria	Nº de ferramentas
Utilidades	Medições
Armazenagem	Nº de recebimentos e remessas
Engenharia Industrial	Ordem de trabalho, Mudanças de rota, levantamentos
Engenharia da qualidade	Defeitos, Especificações de processo, Planos de testes

Quadro 04: Exemplos de direcionadores de recursos

Fonte: PAMPLONA (1997) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.7)

- iii) **Atividades:** Conforme afirma BRIMSON (1996) apud MAUAD e PAMPLONA (2003,p.8), as atividades são processos que consomem recursos substanciais para gerar uma produção, assim, uma atividade descreve o modo como uma empresa emprega seu tempo e recursos para alcançar os objetivos empresariais. Dessa forma, como exemplo de atividades, pode-se ter a transformação dos recursos (matéria-prima, mão-de-obra e tecnologia) em produção, ou seja, produtos/serviços;
- iv) **Direcionadores de atividade ou de segundo estágio:** Segundo MARTINS (2003) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.8), esses direcionadores identificam a maneira como os produtos/serviços consomem atividades e serve para custear os objetos de custos (produto final), ou seja, indica a relação entre a atividade e os objetos de custos. Assim, como exemplos, pode-se ter o seguinte quadro relacionado aos direcionadores de atividades:

ATIVIDADES	DIRECIONADORES DE ATIVIDADES
Comprar materiais	Número de pedidos
Controlar produção	Número de lotes
Efetuar pagamentos	Número de faturas ou cheques emitidos
Emitir faturas	Número de faturas
Movimentar materiais	Número de requisições
Preparar máquinas	Tempo de setup ou números de setup
Fazer acabamento	Tempo de acabamento
Montar produto	Tempo de montagem
Despachar produtos	Apontamento de tempo
Visitar clientes	Tempo de visita

Quadro 05: Direcionadores de atividades

Fonte: Adaptado de MARTINS (2003) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.8)

v) **Objetos de custos:** São as razões pelas quais as atividades são realizadas.

Conforme a figura abaixo, podem-se observar as categorias dos recursos estabelecidos pelo método de custeio ABC.

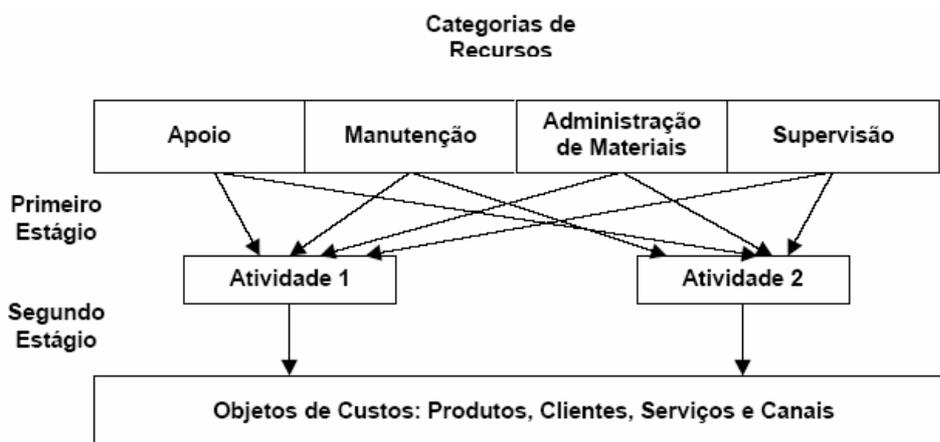


Figura 11: Modelo conceitual de um sistema ABC

Fonte: BEAUJON e SINGHAL (1990) apud FREIRES (2000, p.38)

Segundo MAUAD e PAMPLONA (2003, p.9), no sistema de custeio ABC a atribuição dos custos indiretos e de apoio são feitos em dois estágios:

1. No primeiro estágio, denominado de “custeio das atividades”, os custos são direcionados às atividades, sendo que nesta etapa do processo ABC de custeio, tem-se os seguintes passos:
 - a) especificação das atividades;
 - b) rastreamento dos custos;
 - c) identificação e seleção dos direcionadores de recursos;
 - d) atribuição dos custos às atividades;

2. No segundo estágio, denominado de “custeio dos objetos” faz-se o custeio dos objetos de custos, de acordo com seu consumo das atividades, através dos direcionadores de atividades, ou seja, os custos das atividades são atribuídos aos produtos, serviços e clientes, nessa etapa devem ser seguidos os seguintes passos:

- a) definir os objetos de custos;
- b) formar grupos de custos de atividades;
- c) selecionar os direcionadores de atividades;
- d) calcular o valor dos objetos de custos;

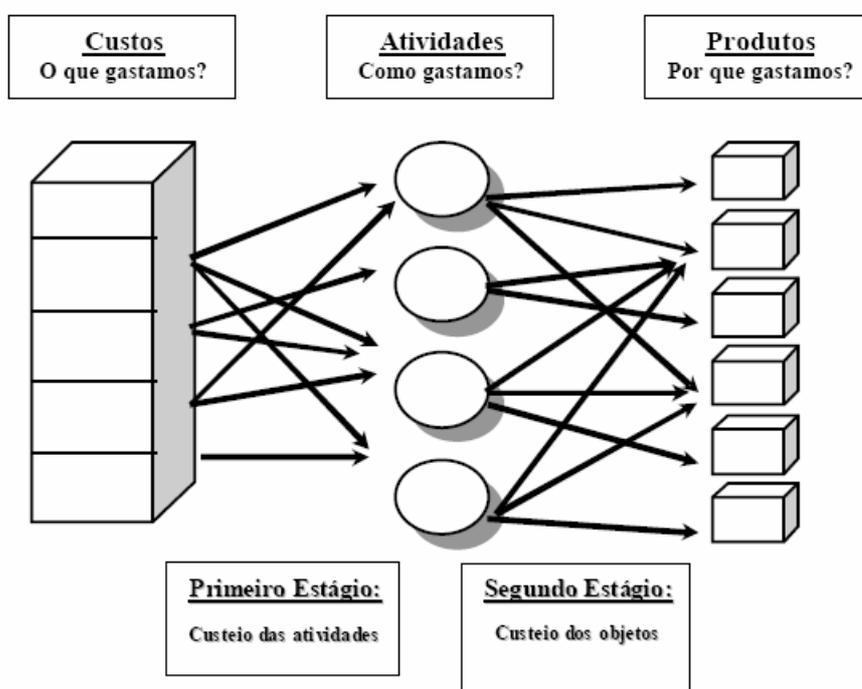


Figura 12: Esquema básico do método ABC
Fonte: PAMPLONA (1997) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.9)

Dessa forma, pode-se notar que o método de custeio *ABC* é o processo técnico para o levantamento das atividades, o rastreamento dos custos para as atividades e a condução dessas para os objetos de custos.

3.3.5 Gerenciamento baseado em atividades

O método do Gerenciamento Baseado em Atividades (ABM - *Activity-Based Management*) prega o princípio que uma vez identificado o(s) custo(s) dos objetos torna-se então necessária a apresentação e interpretação dos resultados obtidos, de

forma que estes possam ser utilizados da melhor forma possível para o processo decisório empresarial. Sendo assim, observa-se que, enquanto o ABC é o processo técnico para o levantamento das atividades, o rastreamento dos custos para as atividades e a condução dessas para os objetos de custos, o método de custeio ABM é um processo que usa as informações gerados pelo método ABC, fazendo com que estas estejam voltadas para o aspecto decisório empresarial. Conforme especifica MAUAD E PAMPLONA (2003, p. 10)

O ABM (Activity-Based Management ou Gerenciamento Baseado em Atividades) é um processo que utiliza as informações geradas pelo ABC para gerenciar a empresa ou um negócio, sendo que empregando a análise de valor ele procura identificar as oportunidades de melhoria das atividades que agregam valor e a redução ou eliminação das que não agregam valor.

Conforme afirma PLAYER (2000) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.10)

O ABC é uma metodologia que mede o custo e o desempenho das atividades, recursos e objetos de custos (...), já o ABM (...) é uma disciplina que se concentra na gestão de atividades como o caminho para a melhoria do valor recebido pelo cliente e dos lucros alcançados com o fornecimento desse valor. Ele emprega uma visão de processo e se preocupa com os fatores que fazem com que os custos existam.

FREIRES (2000, p.40), diz “o gerenciamento e controle das atividades decorrente do uso do método ABC é chamado de ABM (Activity Based Management).” Na visão de JANES (2003, p.12)

A Administração Baseada em Atividades (ABM) emprega uma análise econômica detalhada das atividades empresariais importantes para aperfeiçoar as decisões estratégicas e operacionais. A Administração Baseada em Atividades aumenta a precisão das informações a respeito de custo ao estabelecer uma correlação mais exata entre as despesas gerais e outros custos indiretos e produtos ou segmentos de clientes. Os sistemas contábeis tradicionais apontam os custos indiretos com base em horas de mão-de-obra direta, horas de uso de máquinas ou custo dos materiais. O ABM identifica as despesas gerais e outros custos indiretos por atividade, os quais podem depois serem relacionados com produtos ou clientes. Usos mais comuns são: recalcular o preço dos produtos e otimizar o projeto de novos produtos, reduzir custos e influenciar o planejamento estratégico e operacional.

Baseando-se em tais preceitos observa-se que existe uma relação intrínseca entre o ABC e o ABM, uma vez que ambos se complementam de forma a obter ganhos para a organização, sendo que enquanto o ABC fornece as informações necessárias ao processo decisório da empresa, o ABM as utiliza no processo de

melhoria contínua, obtendo assim ganhos progressivos. O gráfico abaixo mostra como o ABM se interage com o ABC de forma a conseguir um processo de otimização empresarial.

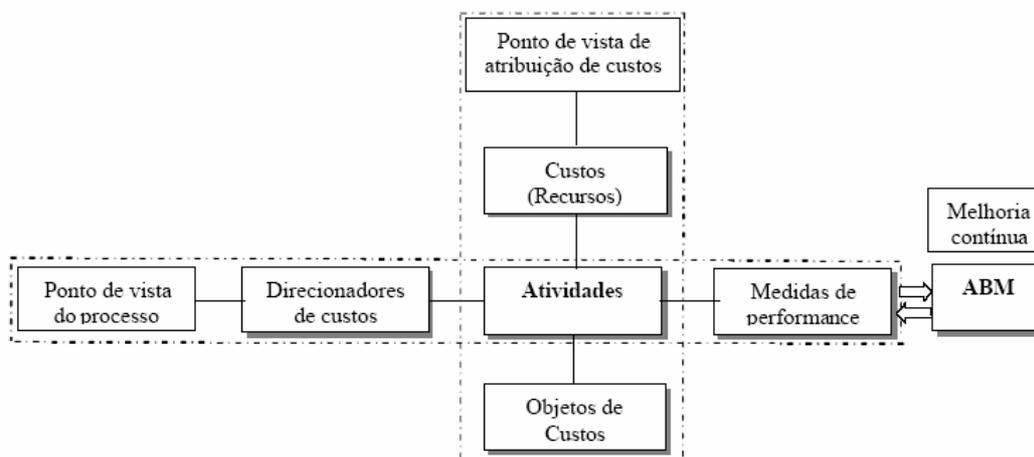


Figura 13: Utilização das informações do ABC pelo ABM
Fonte: TURNEY (1992) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.10)

A primeira parte, ou seja, a coluna horizontal, é referente ao ponto de vista da atribuição de custos, e é usada para tomada de decisões: como apreçamento, produtos, etc. A segunda parte, ou seja, a coluna vertical, é tratada sob o ponto de vista do processo, e ajuda na identificação de oportunidades de melhorias e a forma de obtê-las. Segundo FREIRES (2000, p.40)

O eixo vertical pode ser entendido como uma perspectiva econômica de custeio, na medida em que apropria os custos aos objetivos de custeio de produtos ou serviços. O eixo horizontal é visto como perspectiva de aperfeiçoamento de processos, posto que captam-se os custos dos processos através das atividades realizadas na empresa. Essa visão horizontal reconhece que um processo é formado por um conjunto de atividades encadeadas.

Segundo MAUAD e PAMPLONA (2003, p.11), o ABM atinge seus objetivos por meio de duas aplicações complementares:

- a. O **ABM operacional** - tem por objetivo aumentar a eficiência, reduzir os custos e melhorar a utilização dos ativos;
- b. O **ABM estratégico** - tenta reduzir a quantidade de processos a fim de aumentar a lucratividade;



Figura 14: Utilização do ABM para aprimoramentos operacionais e decisões estratégicas
Fonte: KAPLAN (1998) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.11)

3.3.6 *Balanced Scorecard*

O *Balanced Scorecard* (BSC) foi desenvolvido por Robert Kaplan e David Norton em meados de 1990. O termo “*Scorecard*” significa quantificar o desempenho através de indicadores e o “*Balanced*” significa que o sistema proposto leva em conta o balanceamento entre: objetivos de curto e longo prazo, indicadores financeiros e não-financeiros, indicadores de ocorrência ou medidas de resultado e indicadores de tendência ou vetores de desempenho e desempenho interno e externo.

Em cada indicador *Scorecard* existe um objetivo estratégico, ou seja, o que a empresa busca alcançar para seu benefício, um indicador e o modo de como é monitorado o sucesso ou fracasso para atingir os objetivos/desempenho, uma meta que especifique o nível de desempenho ou grau de melhoria necessário exigido pela empresa e iniciativas que são nada mais, nada menos que, os principais programas de ação para atingir as metas que se deseja alcançar.

Segundo AMADO FILHO (2001, p.63)

O BSC é mais do que um sistema de medidas táticas ou operacionais, tratando-se de um sistema de gestão estratégica para administrar a estratégia a longo prazo, viabilizando processos gerenciais críticos, pois visa: 1 - Esclarecer e traduzir a visão estratégica; 2 - Comunicar e associar objetivos e medidas estratégicas; 3 - Planejar, estabelecer metas e alinhar iniciativas estratégicas e; 4 - Melhorar o “feedback” e o aprendizado estratégico.

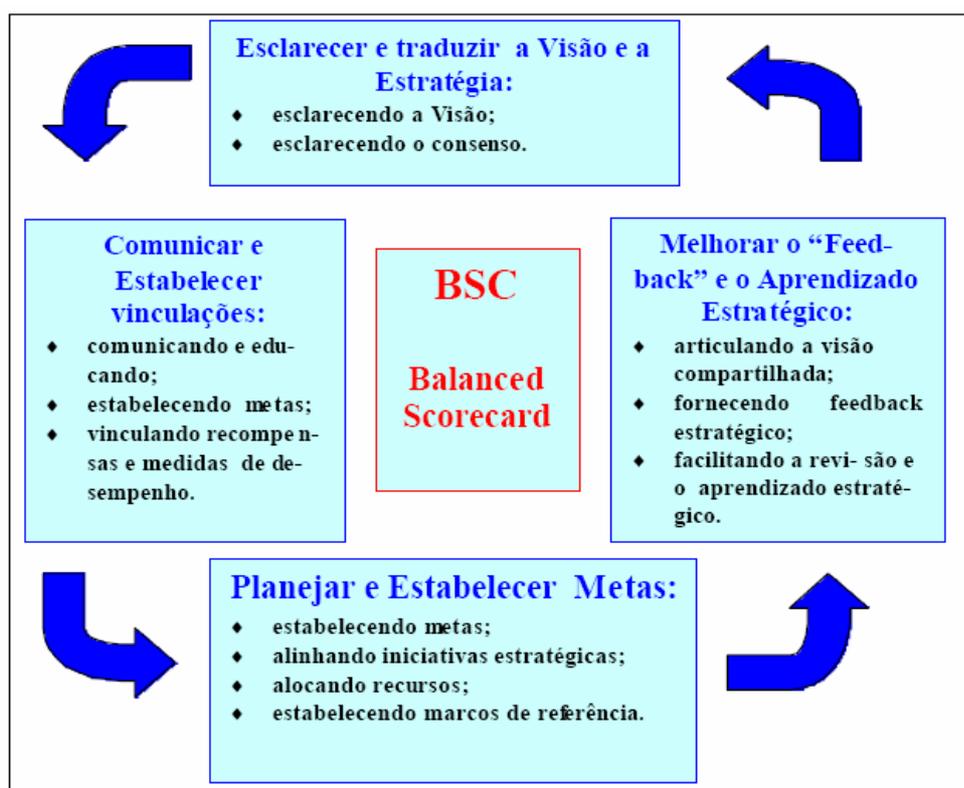


Figura 15: BSC – *balanced scorecard* – Vetores críticos do BSC
Fonte: KAPLAN e NORTON (1997) apud AMADO FILHO (2001, p.63)

Conforme MAUAD e PAMPLONA (2003, p.14)

Ao definir a missão, os valores, a visão e a estratégia da empresa, a alta administração pode não comunicá-las de forma eficaz para a organização causando uma lacuna que pode levar a esforços contrários e, conseqüentemente, a não concretização da visão empresarial. Como a construção do *Balanced Scorecard* está ligada à missão e estratégia da empresa este passa a preencher esta lacuna permitindo que a organização foque e alinhe todos os seus recursos numa direção só. Assim, cada pessoa da empresa, ao compreender o significado de cada indicador, vincula suas ações do dia a dia para alcançar as metas da empresa.

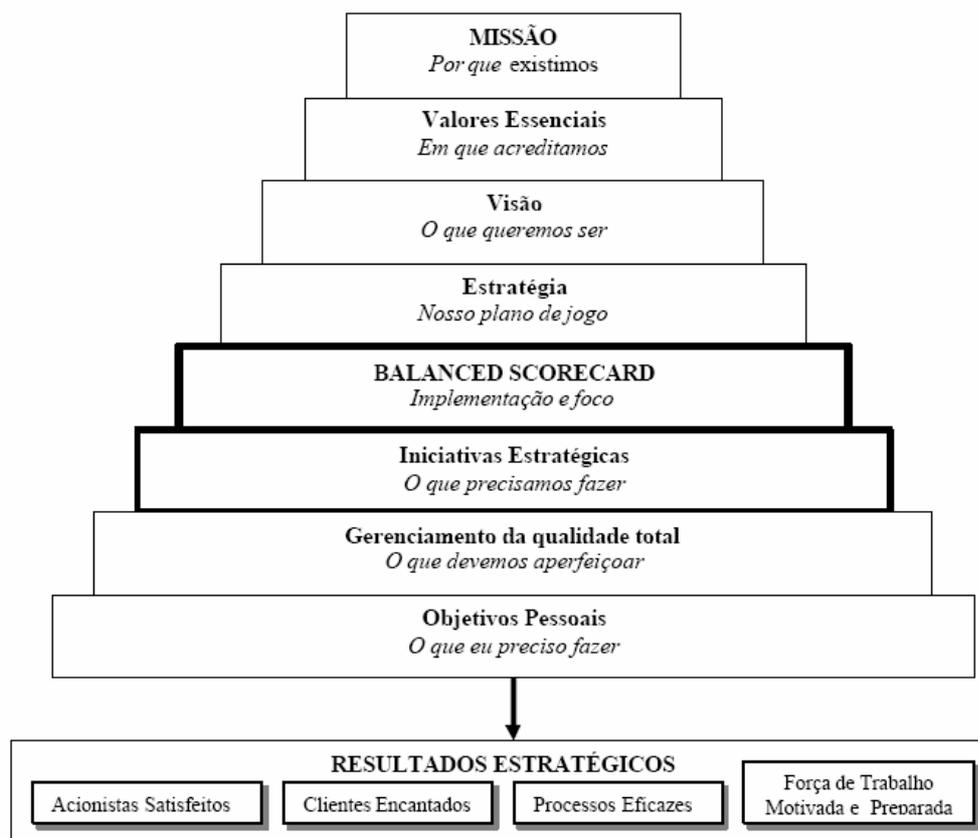


Figura 16: Traduzindo a missão em resultados almejados
Fonte: KAPLAN (2001) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.14)

Assim, o BSC traduz a missão e a estratégia das empresas em um conjunto balanceado e abrangente de medidas de desempenho, que serve de base para um sistema de medição e de gestão estratégica. Segundo KAPLAN (1999) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.12)

Enquanto o ABC/ABM tem a ver com os custos, o *Balanced Scorecard* (BSC) é uma forma de compreender os fatores que influenciam a receita da empresa. Ele responde a perguntas como estas: o que é preciso fazer para criar valor para os clientes? O que os leva a comprar de nós? O BSC nos diz onde se deve concorrer, que clientes se deve conquistar, o que é preciso fazer para criar valor para os possíveis clientes.

Ainda conforme KAPLAN E NORTON (1997) apud RENÓ (2005, p.5)

O BSC (*Balanced Scorecard*) é uma ferramenta conceitual que permite realizar uma avaliação integrada de uma organização, baseada em um sistema de indicadores de desempenho que refletem os objetivos e metas organizacionais. Assim o BSC traduz a missão e a estratégia das empresas num conjunto abrangente de medidas de desempenho que serve de base para um sistema de medição e gestão estratégica.

Seus objetivos e medidas derivam da visão e da estratégia da empresa e focalizam o desempenho organizacional sob quatro perspectivas: financeira, do cliente, os processos internos e da aprendizagem e crescimento. Segundo ALMEIDA (1999) apud GAZETA MERCANTIL (1999)¹⁸

O *Balanced Scorecard* (...) pode ser entendido como um método de administração baseado no equilíbrio organizacional, pois ele garante que a empresa tenha níveis de comprometimento e conseqüentemente estratégias e ações "equilibradas" em todas as áreas que afetam o seu negócio como um todo. Além de uma poderosa ferramenta que permite a introdução de propósitos de longo prazo no sistema gerencial do presente, através de mecanismos de direcionamento e mensuração da performance da empresa, em vários e relevantes aspectos, o BSC pode se desdobrar até o nível de metas por empregado, como já implementado em algumas empresas nacionais, como por exemplo, no Banco do Brasil. Pode ainda, revelar-se como uma efetiva ferramenta para a gestão do conhecimento, recolhendo e consolidando *feedbacks* da atuação gerencial e empresarial, mantendo sempre atualizada a estratégia organizacional.

Assim, observam-se as seguintes categorias:

1. **Perspectiva Financeira** - são as metas de longo prazo que geram retornos sobre o capital investido na unidade de negócio, fazendo isto através de indicadores que sintetizam as conseqüências econômicas imediatas de ações realizadas pela empresa. Deste modo a perspectiva financeira serve como foco para os demais objetivos e medidas das outras perspectivas do *Balanced Scorecard*. Tais objetivos e medidas financeiras possuem um duplo papel a desempenhar, sendo que o primeiro é definir o desempenho financeiro esperado da estratégia e o segundo é servir como meta principal, ou seja, de orientação para os objetivos e medidas das outras perspectivas do BSC. Segundo AMADO FILHO (2001, p.64-65), "três são os temas estratégicos para a perspectiva financeira apontados por KAPLAN e NORTON (1997, p.53)":

1º - Crescimento e "mix" de receita, que envolve:

- a) ampliação de produtos e serviços;
- b) conquista de novos clientes e mercados;
- c) mudança do "mix" de produtos para itens de maior valor agregado;
- d) modificação dos preços de produtos e serviços.

2º - Redução de custos e melhoria de produtividade, que passa por:

- a) aumento da produtividade de receita;

¹⁸GAZETA MERCANTIL de 28 de Dezembro de 1999. Disponível em: <http://www.perspectivas.com.br/bscga.htm>. Acessado em: 19/04/2005

- b) redução dos custos unitários;
- c) melhoria do “mix” de canais;
- d) redução das despesas operacionais.

3 ° - Utilização dos ativos e estratégia de investimento, que salienta:

- a) retorno sobre o capital empregado – ROCE (“*return on capital employed*”),
- b) retorno sobre o investimento;
- c) valor econômico agregado;
- d) ciclo de caixa;
- e) melhoria da utilização dos ativos.

2. Perspectiva Clientes - segmenta o público alvo referente a clientes e negócios, utilizando um conjunto de medidas essenciais: participação, retenção, captação, satisfação e lucratividade, além de estabelecer metas para as operações, logística, marketing e desenvolvimentos de produtos e serviço. Segundo ALMEIDA (1999) apud GAZETA MERCANTIL (1999).

A Perspectiva Clientes é feita através de indicadores tradicionais como satisfação, participação no mercado, tendências, retenção e aquisição de clientes, e outros como valor agregado aos produtos/serviços, posicionamento no mercado, nível de serviços agregados à comunidade pelos quais os clientes indiretamente contribuem, motiva para que a organização mantenha-se o tempo todo focada na sua missão e na certeza de que estará desdobrando sua visão em estratégias adequadas aos seus verdadeiros propósitos.

A perspectiva dos clientes permite o processo de identificação de segmentos de mercados e do público alvo que a empresa planeja competir e engajar suas forças. A perspectiva de clientes deve incluir medidas específicas das propostas de valor, ou seja, os atributos que os fornecedores oferecem, através de seus produtos e serviços, para gerar fidelidade e satisfação em segmentos alvo. Essa perspectiva possui três aspectos principais: atributos dos produtos/serviços, relacionamento com os clientes, imagem e reputação. Segundo AMADO FILHO (2001, p.66 a 71), com relação a perspectiva do cliente os indicadores específicos podem ser classificados em dois grupos:

1° - Medidas Essenciais:

- a) participação de mercado;
- b) retenção de clientes;

- c) captação de clientes;
- d) satisfação de clientes e
- e) lucratividade de clientes e participação em contas (clientes) nos segmentos-alvo.

2º - Medidas Diferenciadas:

Há clientes que desejam um fornecedor confiável, que ofereça preços baixos, outros desejam um fornecedor diferenciado, que ofereça produtos/serviços com características exclusivas. Há os que não querem supérfluos nem customização, só o básico, entregue dentro do prazo, sem defeitos e pelo menor preço possível. Por outro lado, há os que preferem pagar mais caro por determinadas características que têm valor em suas visões da estratégia competitiva. AMADO FILHO (2001, p.69)

3. **Perspectiva Processos Internos** - a perspectiva dos processos internos identifica e mede os processos internos críticos, ou seja, os negócios gargalos, nos quais a empresa deve alcançar a excelência para oferecer propostas de valor, capazes de atrair e reter clientes, em segmentos alvo de mercado, além de satisfazer às expectativas que os acionistas têm com respeito aos seus retornos financeiros. Segundo ALMEIDA (1999) apud GAZETA MERCANTIL (1999):

A Perspectiva Processos Internos garantirá a qualidade intrínseca aos produtos e processos, a inovação, a criatividade gerencial, a capacidade de produção, seu alinhamento às demandas, logística e otimização dos fluxos, assim como a qualidade das informações, da comunicação interna e das interfaces.

As empresas costumam desenvolver os objetivos e medidas para essa perspectiva, após estabelecer as medidas financeiras e do cliente. Cada empresa usa um conjunto específico de processos a fim de criar valor para os clientes e produzir resultados financeiros, entretanto uma cadeia de valor genérica serve de modelo para que as empresas possam adaptar e construir as perspectivas de processo interno. Esse modelo inclui três processos principais: inovação; operações e serviço pós-venda. Assim, pode-se ter:

- i) **Inovação:** algumas cadeias de valor colocam a pesquisa e desenvolvimento como processo de apoio e não como um elemento básico de processo de criação de valor;
- ii) **Operações:** o processo de operações representa a onda curta da criação de valor na empresa. Ele tem início no recebimento do pedido e termina com a entrega do produto ou prestação do serviço. Esse processo enfatiza a entrega

eficiente, regular e pontual dos produtos e serviços existentes aos clientes atuais;

- iii) **Serviço pós-venda:** inclui garantia e conserto, correção de defeitos e devoluções;

4. **Perspectiva aprendizado e crescimento** - desenvolvimento de objetivos e medidas para orientar o aprendizado e o crescimento organizacional. Conforme KAPLAN (2001) apud MAUAD e PAMPLONA (2003 p.13), “as prioridades para criar um clima que dê suporte à mudança, inovação e crescimento organizacional.” Segundo ALMEIDA apud GAZETA MERCANTIL (1999, p.2)

A Perspectiva Aprendizagem e Crescimento, é que direcionará a atenção da empresa ao que é básico para alcançar o futuro com sucesso, considerando as pessoas em termos de capacidades, competências, motivação, *empowerment*, alinhamento, e a estrutura da organização em termos investimentos no seu futuro.

As perspectivas do aprendizado e crescimento dentro da empresa devem abranger alguns pontos para que a empresa alcance a sua otimização. Dentre essas perspectivas, pode-se citar:

- i) **O crescimento do ser humano** – está baseado na intenção de que as pessoas devem fazer sempre serviços de valor agregado, utilizando cada vez mais a mente do indivíduo e não somente a força braçal;
- ii) **A educação e treinamento** – é possível pensar em educação e treinamento voltado para o crescimento do ser humano dentro de um contexto organizacional;
- iii) **Objetivos da educação e treinamento** - a educação e o treinamento são um meio para o crescimento do ser humano e deve ser utilizado tendo como grande objetivo a sobrevivência da empresa, através do desenvolvimento das habilidades e do desejo de trabalhar. Dentre os quais pode-se citar: desenvolvimento do raciocínio das pessoas, desenvolvimento da sensibilidade e a tenacidade para mudanças e desenvolver a consciência de que a empresa é sua;
- iv) **Educação e treinamento conduzido dentro da empresa** - A educação e treinamento são conduzidos de três formas:

- a) Treinamento no trabalho ("*On The Job Training*") -constituído pela educação e treinamento conduzidos pelos superiores hierárquicos, no local de trabalho da rotina do dia-a-dia, tendo como objetivo colocar a *experiência e conhecimento no uso prático*;
 - b) Auto-desenvolvimento - este tipo de educação e treinamento é conduzido ao nível individual através de esforço do próprio empregado;
 - c) Treinamento em grupo - É um tipo de educação e treinamento conduzidos ao nível de toda a empresa. Este tipo de educação e treinamento é planejado pelo departamento de treinamento ou por áreas especializadas;
- v) **As medidas de desempenho empresariais** - a maioria das empresas traçam objetivos para os funcionários extraídos de uma base comum de três medidas de resultados. As três medidas essenciais são:
- a) Satisfação dos funcionários: envolvimento nas decisões, reconhecimento pela realização de um bom trabalho, acesso a informações para a realização do trabalho, incentivo constante ao uso da criatividade e iniciativa, qualidade do apoio administrativo e satisfação geral com a empresa;
 - b) Retenção dos funcionários: a empresa procura manter seu capital intelectual, mediante manutenção dos funcionários com os quais a empresa se interesse a longo prazo;
 - c) Produtividade dos funcionários: mede o resultado do impacto agregado da elevação do nível de habilidade e do moral dos funcionários, pela inovação, pela melhoria dos processos internos e pelos clientes satisfeitos.

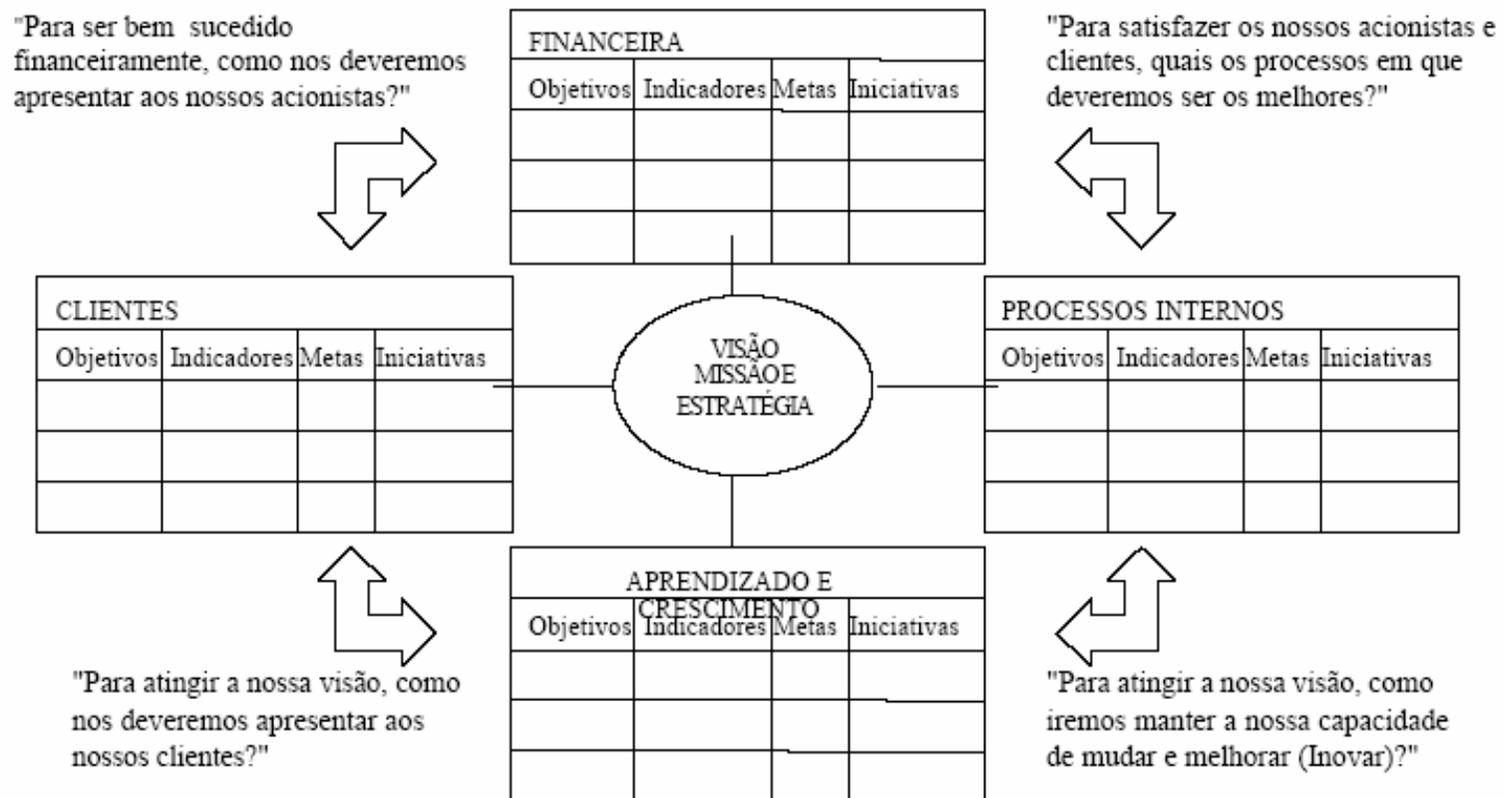


Figura 17 : O *balanced scorecard* como sistema de gestão
Fonte: KAPLAN e NORTON (1997) apud MAUAD e PAMPLONA (2003, p.12)

Dessa forma pode-se observar, que a logística, bem como suas formas de gerenciamento e custeio são de grande valia para o processo de controle dos estoques. Porém, além dos processos logísticos descritos neste capítulo, existem outros métodos e ferramentas para o planejamento e controle dos estoques que se mostram bastante eficazes alguns desses procedimentos são estudados pela Pesquisa Operacional e serão descritos subsequenteemente no capítulo seguinte.

4. PESQUISA OPERACIONAL

4.1 HISTÓRICO DA OTIMIZAÇÃO MATEMÁTICA E DA PROGRAMAÇÃO LINEAR

Desde os primórdios da humanidade, as civilizações sempre buscaram formas de quantificar seus atos e processos, para poderem assim qualificá-los, e conseguir então a melhor utilização possível dos recursos. Segundo HENRIQUES et al. (2003, p.5)

Dois mil anos antes de Cristo, exemplos especiais de equações lineares já tinham sido estudados por egípcios e babilônios (estes últimos já consideravam duas equações lineares em duas variáveis). Babilônios, Gregos e Chineses conheciam a idéia de eliminação de variáveis para resolver equações lineares (ou quadráticas).

De acordo com PINA (1999, p.1)

O que hoje é conhecido como o método de eliminação Gaussiana foi (...) escrito entre 202 A.C. e 9 D.C. e descreve métodos que provavelmente foram escritos muito antes. Equações lineares e eliminação de variáveis também foram estudadas por Diophantos de Alexandria (aprox. terceiro século D.C.). (...) O nome eliminação Gaussiana é devido a alguns artigos de Gauss onde eliminação é aplicada (...) a qual é usado com engenho e exaustão, no Método Simplex.

É possível encontrar os primeiros passos da busca da otimização através da quantificação em culturas de povos antigos. Assim, por exemplo, a construção das Pirâmides do Egito por volta de 4000 a.C., também contribuíram na história da matemática, pois partindo da necessidade de se efetuar cálculos, estudiosos do Antigo Egito passaram a representar a quantidade de objetos de uma coleção através de desenhos (os símbolos), sendo este um passo muito importante para o desenvolvimento da Matemática. Segundo ALMEIRA et al. (2003, p.2)

No século IX a.C., (...) a rainha Dido ao fundar a cidade de Cartago determinou qual a figura geométrica para a qual seria maximizada a área por ela delimitada para um dado perímetro constante; ou até no séc. VI-V a.C. os pensamentos de Confúcio que traduzem sabiamente algumas das preocupações mais recentes da Teoria da Decisão.

A origem da Pesquisa Operacional se deve à chegada da Revolução Industrial, a qual causou um acelerado crescimento e complexidade das organizações. Antes da Revolução Industrial pouco se fazia no que cerne a busca

de uma otimização com um todo, pois os matemáticos e pesquisadores somente focavam a resolução de problemas matemáticos em si, não buscando, no entanto, uma solução que fosse ótima para o processo em si. Conforme HILLIER e LIEBERMAN (1998) apud GAVIRA (2003, p.25)

A Revolução Industrial trouxe ao mundo um notável crescimento no tamanho e complexidade das organizações. Essa revolução proporcionou um aumento na divisão do trabalho e das responsabilidades das empresas. Os resultados foram excelentes, mas junto com eles surgiram problemas. Dentre esses problemas encontra-se por parte dos segmentos organizacionais, a perda da visão do objetivo organizacional e de como as atividades das organizações devem interagir para atingi-lo. Outro problema relacionado é a alocação de recursos disponíveis entre as varias atividades de maneira eficaz. Esses problemas, bem como a necessidades de solucioná-los, proporcionaram um incentivo a estudos científicos que hoje se pode relacionar com a Pesquisa Operacional.

JORDÁN (2002, p.1)

A Pesquisa Operacional como ciência surgiu para resolver, de uma forma mais eficiente, a distribuição ótima de recursos, os problemas de administração nas organizações, etc., originados pelo acelerado desenvolvimento provocado pela Revolução Industrial.

Segundo afirmação de PINA (1999, p.1), “Enquanto resolver vários tipos de equações foi um tópico central em matemática, pouca atenção foi tomada em encontrar uma solução ótima (com raras exceções)”. Assim, a necessidade de resolução de uma forma mais eficiente destes e outros problemas, buscando assim uma solução ótima, conduziram ao surgimento da Pesquisa Operacional como Ciência. Conforme afirma PINA (1999, p.2)

Outros pioneiros nos processos de otimização são Von Neumann (Game Theory), Wassily Leontief (Input-Output Model of the Economy) e Tjalling Koopmans (Theory of Optimum Allocation of Resources).

Segundo JORDÁN (2002, p.2)

Historicamente, a Programação Linear (PL) encontra as suas raízes na antiguidade, e é, desde então, que muitos cientistas têm dedicado os seus estudos à pesquisa do ótimo. Entre estes cientistas pode-se citar: Euclides, Newton, Lagrange, do século XX: Leontief, Von Neumann, etc.

O conceito de otimização matemática está bem fixado como uma aplicação dos princípios básicos da análise matemática, cálculo de soluções e modelagem de muitos problemas complexos. Ao utilizar a busca da otimização, como faz a

natureza, se distingue claramente um problema de decisão, o qual depende de um certo número de variáveis inter-relacionadas e inclui limitações para as variáveis e suas relações, centralizando a atenção em um (ou vários) objetivo(s) identificado(s) para quantificar o rendimento e medir a qualidade da decisão. Quando é um único objetivo, buscará se maximizar (no caso de “lucros”), ou minimizar (no caso de “custos”) dependendo de sua formulação, segundo as restrições que limitar a seleção dos valores das variáveis de decisão.

A habilidade da aplicação de otimização está relacionada à formulação do problema e à interpretação dos resultados, a qual aumenta com a experiência prática do usuário e com a compreensão de uma teoria adequada para o problema. Apesar dos problemas de otimização há muito serem estudados, estes mereceram pouca atenção, até meados do séc. XX, sendo que um dos fatores que os desestimularam foi a grande quantidade de cálculos repetitivos e exaustivos, bem como a falta de uma tecnologia, que amparassem tais procedimentos de cálculos, como a Ciência ou Tecnologia da Computação. Atualmente a grande capacidade de armazenamento das informações, a facilidade para recuperação destas, a rapidez de processamento de modelos e a versatilidade na geração de relatórios tornaram o computador insubstituível no desenvolvimento de um processo de tomada de decisão. Conforme HENRIQUES et al. (2003, p.5)

Até aos anos 30-40 do século passado, foi muito reduzido o interesse dos matemáticos pelo estudo de sistemas de inequações, ao contrário do que se verificou com a resolução de sistemas de equações, buscando assim uma solução ótima. As aplicações em problemas de transporte na década de 40 (em particular, pelas Forças Armadas durante a 2ª Guerra Mundial) foi um dos primeiros passos na criação da Programação Linear.

Dentre os precursores e pioneiros que estudaram e desenvolveram a área de Pesquisa Operacional destacam-se Leonid V. Kantorovich na Rússia e George B. Dantzig nos EUA. Ambos estudaram, modelaram, ilustraram e desenvolveram muitas fontes de aplicação da Programação Linear, bem como suas áreas de atuação.

No final da década de 30, em 1939 o Matemático e Economista Soviético Leonid V. Kantorovich, motivado pelo plano econômico Soviético, formulou, desenvolveu e resolveu problemas ligados à otimização na administração das organizações, em particular o de Programação Linear, para aplicação em planejamento de produção. No entanto, seu trabalho manteve-se desconhecido

durante vinte anos, ou seja, até 1959, não tendo assim tido impacto no desenvolvimento da Programação Linear após a segunda guerra. No entanto os principais desenvolvimentos teóricos da Programação Linear são devidos a Kantorovich, que em 1975 ganhou o prêmio Nobel da economia, e a um grande grupo de cientistas Norte-Americanos. Segundo PINA (1999, p.2), “Kantorovich, Koopmans e Leontief receberam o prêmio Nobel em economia”. CHVÁTAL (1983) apud PINA (1999, p.2)

Em 14 de outubro de 1975, a Academia de Ciência Royal Sweden concedeu o prêmio Nobel em ciência econômica para L.V. Kantorovich e T.C. Koopmans “ por suas contribuições na teoria da alocação ótima de recursos”. (Assim, na analogia do conhecimento está o prêmio Nobel em Matemática. Aparentemente a Academia julgou o trabalho de G.B. Dantzig, que universalmente se consagrou “pai” da programação linear, como sendo demasiado matemático).

Os primeiros conceitos de Programação Linear foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, por George Dantzig em Washington. Dantzig trabalhava para o Pentágono, inclusive durante o período da Guerra entre 1941 a 1945, e lá desenvolveu tais conceitos para serem aplicados a programas militares desde a área de logística até a estratégica.

George Dantzig trabalhava no Pentágono como civil, aonde exercia funções de conselheiro matemático para a administração da Força Aérea Norte Americana. Por inerência ou atribuição do próprio cargo, Dantzig era freqüentemente chamado para resolver problemas de planejamento, dentre os quais envolvia-se a distribuição ótima de pessoal, de recursos financeiros, aviões e outros recursos de custo efetivo.

No Pentágono em meio aos procedimentos de seu trabalho é que Dantzig recebeu dos seus colegas D. Hitchcock e M. Wood o desafio de tentar mecanizar ou matematizar o processo de planejamento de produção, de forma de otimizá-lo. Conforme afirma PINA (1999, p.2)

Em 1946 Dantzig era consultor para a *US Air Force Comptroller* no Pentágono. Foi no Pentágono que Dantzig recebeu dos seus colegas D. Hitchcock e M.Wood o desafio de tentar ver o que poderia ser feito para mecanizar o processo de planejamento.

No entanto, a grande maioria dos problemas dizia respeito a questões que envolviam Economia. Dessa forma, Dantzig procurou aconselhar-se com o economista Tjalling Koopmans para resolver tais problemas, admitindo que já

tivessem desenvolvido técnicas de resolução. No entanto, Koopmans confessou-lhe que os economistas também não tinham quaisquer procedimentos para encontrarem sistematicamente a solução de tais problemas. Em 1947 como resultado de seus estudos, Dantzig propôs o Método Simplex para solução de problemas de otimização. Segundo PINA (1999, p.2)

No verão de 1947 Dantzig propôs o Método Simplex que tornou possível a solução de problemas de otimização de vários tipos, como transporte, produção, alocação de recursos e problemas de escalonamento (scheduling). O desenvolvimento dos computadores permitiu a aplicação do método simplex a problemas de grande porte.

A origem do termo Programação Linear é descrita conforme afirmação de DANTZIG (1991, p.19-31) apud PINA (1999, p.2-3)

Há algumas histórias sobre como surgiram os vários termos de programação linear. As forças armadas referem aos vários planos ou programações propostas de treinamento logístico para o desenvolvimento de unidades de combate como um programa. Quando eu primeiramente tinha analisado o problema do planejamento da Força Aérea e vi que poderia ser formulado como um sistema de desigualdades lineares, eu chamei meu primeiro *paper* de programação em uma estrutura linear.

Observa-se que o termo "programa" foi usado para programas lineares por muito tempo antes que fosse usado como o conjunto de instruções por um computador para resolver problemas. Nos dias atuais, estas instruções foram chamadas códigos.

No verão de 1948, Koopmans e eu visitamos a Rand Corporation. Um dia nós demos uma volta ao longo da praia de Santa Monica. Koopmans disse: "Porque não encurtar o termo 'Programação em uma Estrutura Linear' para 'Programação Linear'?" Eu respondi: "É isto! A partir de agora ele este nome." A partir daquele dia, eu conversei em Rand, e foi intitulado 'Programação Linear'; anos mais tarde Tucker encurtou o termo para Programação Linear.

O termo programação matemática é devido a Robert Dorfman de Harvard, quem sentiu, já em 1949, que o termo Programação Linear era restritivo.

O termo, método simplex levantou-se depois de um debate com T. Motzkin, que percebeu que a abordagem que usava, tendo em conta a geometria das colunas, podia ser melhor descrita como um movimento de um simplexes para outro simplexes vizinho. A programação matemática é responsável por muitos termos que são agora padrão na literatura matemática, termos como *arg-min*, *arg-max*, *léxico-max*, *léxico-min*. O termo dual é um antigo termo matemático. Mas surpreendentemente o termo primal é novo e foi proposto por meu pai Tobias Dantzig, em 1954, depois que William Orchard-Hays estipulou a necessidade de achar uma palavra para chamar o problema original, tal que a palavra dual o faz com o problema associado ao original.

A origem da Programação Linear se deve a Dantzig, pois foi ele o primeiro a reconhecer que um programa ou procedimento de planejamento poderia ser expresso por um sistema de inequações lineares, bem como foi o primeiro a apresentar, na forma de expressão matemática explícita, um critério para seleção do

melhor planejamento ou resultado advindo de um determinado objetivo que se busca, ao qual hoje é chamado de função objetivo. Conforme ALMEIRA et al. (2003, p.3)

O pós-guerra foi considerado, pelo matemático Nemhauser, como uma “Segunda Renascença” já que como nos séc. XV e XVII as ciências experimentais proporcionaram desafios decisivos à matemática, dando lugar às ciências organizacionais do planejamento e da gestão que mais contribuírem para o seu sucesso.

Nasceu, assim, a designação de Programação Linear para otimização de problemas, aos quais a característica fundamental é linearidade da função objetivo e das restrições. No entanto, com o surgimento de uma técnica de otimização matemática, para solução de uma certa classe de problemas, surgiram novas necessidades de solução de outros tipos de problemas de algumas categorias diferentes aos quais o próprio procedimento do Simplex e, conseqüentemente, a Programação Linear não teria aparato ou embasamento técnico para solucionar. Assim a Programação Linear serviu como degrau ou inspiração para o surgimento de vários outros procedimentos de otimização. HENRIQUES et al. (2003, p.6) afirma que

Com a apresentação do Método Simplex a Programação Matemática, e em particular a Programação Linear, teve um grande impulso. Foi a partir de então que as suas aplicações não cessaram, envolvendo valiosas contribuições de economistas e matemáticos. O desenvolvimento da Informática é outro dos fatores que tem contribuído para a evolução acelerada desta ciência nas últimas décadas.”

Conforme relatados de PINA (1999, p.2-3)

No início da década de 50 começaram a surgir várias áreas as quais são chamadas hoje coletivamente de programação matemática. Essas subáreas de programação matemática cresceram rapidamente — com programação linear desempenhando um papel fundamental nesse desenvolvimento. Entre essas subáreas estão: programação não-linear (começou por volta de 1951 com a famosa condição de Karush-Kuhn-Tucker); aplicações comerciais; fluxos em redes; métodos de grande porte; programação estocástica; e programação inteira.

Em 1979 L.G. Khachiyan mostrou que um método de otimização não-linear devido a N.Z. Shor, D.B. Yudin e A.S. Nemirovskii, que não era amplamente conhecido, podia ser adaptado para resolver problemas de programação linear em tempo polinomial. Este método ficou conhecido como método dos elipsóides. Mais recentemente, em 1984, N. Karmarkar desenvolveu um novo algoritmo polinomial para resolver problemas de programação linear. Nascia assim os chamados métodos de pontos interiores.

Os ramos mais importantes desenvolvidos da Pesquisa Operacional segundo JORDÁN (2002, p. 4) e sob a visão do autor são:

<u>Programação Matemática</u>	<u>Outros Ramos</u>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programação Linear (<i>Linear Programming</i>); <ul style="list-style-type: none"> ○ Problemas de Distribuição de Recursos, Pessoal, etc; ○ Problemas de Transporte; ○ Problemas de Planejamento da Produção; ○ Problemas de Cortes de Materiais; ○ Problema da Mochila; ✓ Programação Não-Linear; ✓ Programação Dinâmica; ✓ Programação Multi-Objetivo; ✓ Programação em Redes; ✓ Programação Inteira; ✓ Programação Quadrática; ✓ Programação Multi-Nível; ✓ Programação Estocástica; ✓ Otimização Global; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análise Estatística; ✓ Teoria de Jogos; ✓ Teoria de Filas; <ul style="list-style-type: none"> ○ Organização de Trafego Aéreo; ○ Congestão do Trafego; ○ Construção de Barragens; ✓ Programação Estocástica ✓ Simulação; ✓ Gestão de Estoques; ✓ Heurísticas; ✓ Etc;

Quadro 06: Ramos da pesquisa operacional
Fonte: Adaptado do quadro de JORDÁN (2002, p.4)

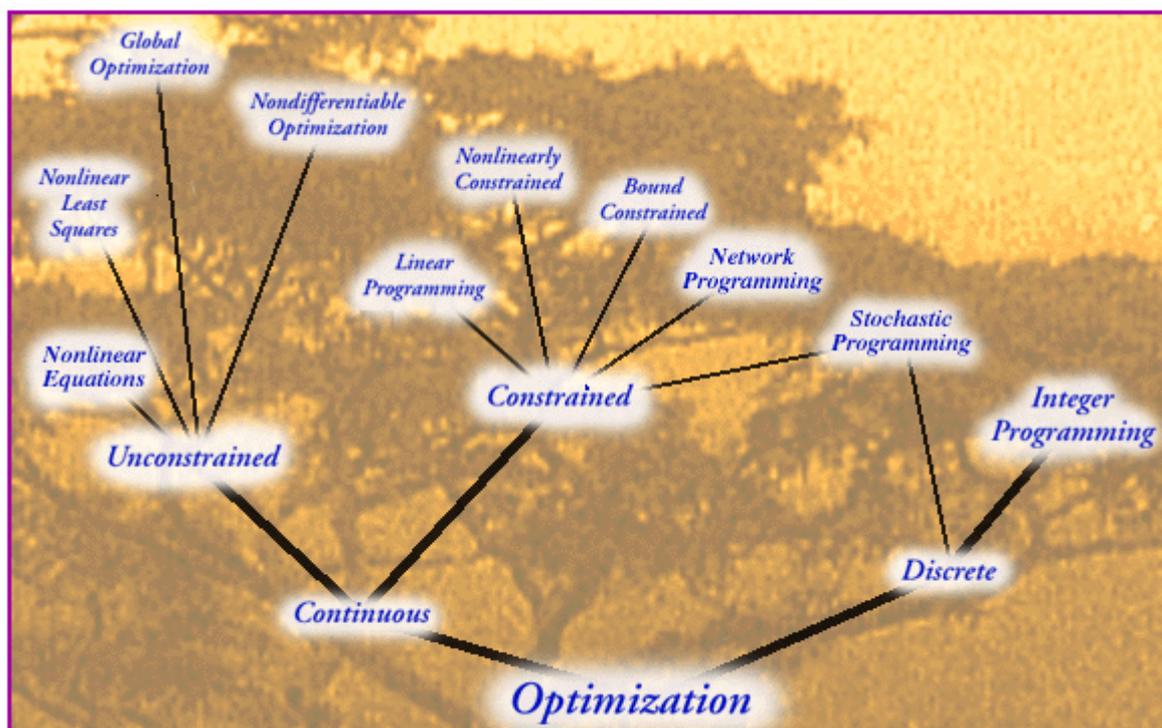


Figura 18 : Árvore da otimização (*optimization tree*)

Fonte: NEOS GUIDE OPTIMIZATION TREE apud FEOFILOFF e COELHO (2001)

Neste contexto, tanto a Programação Linear, como qualquer outra ferramenta de otimização tais como: Programação Não-Linear, Programação Inteira, Programação Multi-Objetivo, por exemplo, tendo por meta a satisfação, da melhor forma possível, a um determinado objetivo em que existem limitações, ou seja, restrições ao funcionamento dessa atividade.

4.2 A PROGRAMAÇÃO MULTINÍVEL

Muitos problemas de tomada de decisão requerem acordos entre as partes embutidas no processo de negociação, pois os objetivos dessas partes, ou seja, os diversos indivíduos ou entidades se encontram em um processo contínuo de interação. De uma forma geral, tais processos de decisão se encontram dispostos dentro de uma estrutura administrativa ou hierárquica, cujos objetivos independentes são na grande maioria das vezes, antagônicos, e de certa forma podem se opor. Dessa forma, cada unidade ou nível de uma certa hierarquia, no qual as partes estão dispostas e interagindo entre si, desejam a otimização de seu objetivo

individual visando a um controle exterior, de forma que exerça um certo controle sobre os outros níveis.

A Programação Multinível é um ramo da Pesquisa Operacional que em seu processo de otimização foca um procedimento de busca de um valor ótimo que seja compatível ou conciliável a vários níveis que estão embutidos na modelagem do problema. Assim, diferentemente dos processos de otimização tradicionais, tais como a Programação Linear, Programação Não-Linear, Programação Inteira, Programação Multi-Objetivo, por exemplo, que focam somente a modelagem de uma organização ou sistema em si na qual tal organização está inclusa em um processo da busca da otimização baseado em variáveis que se encontram embutidos e relacionados com uma única organização, a Programação Multinível tem como foco principal a otimização de um sistema, na qual o fator principal é a busca de um valor ótimo em um processo hierárquico dinâmico, sendo que a otimização de um nível dessa hierarquia irá influenciar o processo de otimização em outro nível dessa mesma hierarquia, buscando assim uma otimização de forma em que se concilie um ótimo que seja aceitável para todos os níveis que estão dispostos nesse sistema dinâmico hierárquico. Como afirma BIALAS (2005)

As técnicas de otimização multinível dividem o controle sobre as variáveis de decisão de um problema de otimização entre os responsáveis pelas decisões.

Os problemas de Programação Multinível de uma forma geral são um conjunto de problemas de otimização alojados sobre uma única região viável, sendo que, em cima dessa região viável é que pode-se encontrar um ótimo global para o Problema de Programação Multinível. Segundo BIALAS e KARWAN (1979, p.2)

Uma característica importante dos problemas de otimização multinível é que um planejador em um nível da hierarquia pode ter sua função objetivo determinada, em parte, pelas variáveis controladas por outros níveis. Entretanto, seus instrumentos de controle podem permitir que influencie nas políticas em outros níveis, e melhore desse modo sua própria função objetivo. Tais políticas podem incluir o controle de alocação e de uso dos recursos nos níveis mais baixos, e o controle dos benefícios conferidos sob os níveis subordinados.

O controle sobre as variáveis de decisão é dividido entre os diversos níveis hierárquicos, sendo que uma variável de decisão podem atuar a função objetivo de diversos outros níveis hierárquicos, ou então, de todos os níveis. O modelo de

Programação Multinível é aplicável a uma variedade de problemas do planejamento, pelas influências que podem ser representadas, quando a escolha das variáveis, afetam as funções objetivos.

BIALAS (2005) diz que

O paradigma da otimização multinível é útil em muitos campos incluindo: Economia, Pesquisa Operacional, Estatísticas, e a Teoria de Controle, com aplicações nos Sistemas do Transporte, Projeto de Engenharia do Sistema, Engenharia ambiental, Psicologia, Fatores Humanos, Comportamento da Organização (elementos que influenciam a organização), Sociologia e Ciências Políticas.

Assim pode-se notar que os problemas de Programação Multinível apresentam basicamente as seguintes características:

- i) os sistemas possuem unidades de tomada de decisão que interagem dentro de uma estrutura predominantemente hierárquica ou disposta de forma multi-escalada.
- ii) cada unidade de tomada de decisão busca maximizar seus lucros ou minimizar seus custos, independentemente de outras unidades, mas, no entanto suas decisões são afetadas pelas ações de outras unidades externas.
- iii) o efeito externo relacionado ao problema das decisões tomadas por um responsável é refletido em sua função objetivo e em seu conjunto de decisões viáveis.

Assim, no processo de tomada de decisão, deve-se ter em mente que todas as decisões estão embutidas em um processo sinérgico ditado pelo dinamismo da interação entre as variáveis dos diversos níveis hierárquicos.

4.2.1 A programação em dois níveis

O problema de Programação em Dois Níveis é um caso particular do problema de Programação Multinível, apresentando como característica principal apenas dois níveis hierárquicos no processo de tomada de decisão.

Conforme afirma WEN e HSU (1991) apud LAVAL (2003, p.38)

Um aspecto importante da formulação do problema de programação linear em dois níveis é que um nível hierárquico tem a sua função objetivo determinado por variáveis controladas por outros níveis e as características comuns desse tipo de problema são as seguintes:

- a. Existem unidades ou níveis hierárquicos interativos de tomada de decisão (níveis decisórios) em uma estrutura predominantemente hierárquica;
- b. A execução das decisões é seqüencial, ou seja, a unidade ou o nível seguidor toma as suas decisões após a definição das decisões da unidade ou do nível líder;
- c. Cada unidade ou nível decisório otimiza a sua função objetivo independentemente dos outros níveis, mas é afetado por ações ou reações dos demais níveis;
- d. O efeito externo do problema da tomada de decisão pode se refletir tanto na função objetivo como no conjunto das decisões viáveis do outro nível, sendo assim, espaço de decisão é totalmente ou parcialmente determinado por outros níveis.

O problema de Programação em Dois Níveis, assim como o Multinível, modela um problema de otimização hierárquica onde um conjunto ou sub-sistemas de variáveis, estão limitados ou restringidos para solucionar um dado problema de otimização parametrizado pelas variáveis restantes. Assim a estrutura de otimização hierárquica, em particular uma estrutura de dois níveis, aparece naturalmente em várias aplicações quando as ações do nível inferior dependem das decisões do nível superior, denotando dessa forma um problema de decisão parametrizado. Existem variadas aplicações da Programação em Dois Níveis. VICENTE (1997, p. 1)

As aplicações da programação em dois níveis ou multinível incluem transportes (taxação ou cobrança de impostos, rede, *design*, estimação de falta de demanda), administração (coordenação de firmas compostas de multi-divisões, localização ótima de redes, distribuição de crédito), planejamento (políticas de agricultura, serviço público elétrico), e otimização de projetos.

A formulação original do problema de programação linear em dois níveis surgiu em 1973 em um artigo autorizado por J.Bracken e J. McGill, sendo que embora tenha sido W. Candler e R. Norton os primeiros que usaram a descrição de Programação Multinível e em Dois Níveis. No entanto, o problema em si não foi estudado de forma profunda, até os anos oitenta aonde estes tipos de problemas e suas aplicações começaram a receber a atenção que merecem. Motivados pela Teoria de Jogos de H. Stackelberg, vários autores e matemáticos estudaram intensivamente a Programação em Dois Níveis e dessa forma então contribuíram para sua proliferação na comunidade de Programação Matemática. Dentre os

autores pode-se citar: E. Aiyoshi & K. Shimizu ; J. Bard & J. Falk; W.Bialas, H. Karwan & J. Shaw; W. Candler, J. Fortuny-Amat, B. McCarl, R. Norton & R. Townley; e U. Wen. Conforme VICENTE (1997, p.2)

A teoria da programação em dois níveis focaliza nas formas de condições de otimalidade e na complexidade de resultados. Um certo número de autores (...) tem estabelecido formas originais de condições de otimalidade para a programação em dois níveis entre considerar reformulações do Problema Programação em Dois Níveis, ou fazendo uso dos conceitos de otimização não-diferenciável ou mesmo apelando para o recurso da geometria da região induzida. A complexidade do problema tem sido discursado por um certo número de autores. Isto tem sido provado e demonstrado que mesmo um Problema de Programação Linear em Dois Níveis, aonde todas as funções envolvidas são funções afim, é um Problema fortemente NP-difícil. Isto não é difícil para construção de um Problema de Programação Linear em Dois Níveis, aonde o numero de mínimos locais cresce exponencialmente com o numero de variáveis. Outros resultados teóricos de grande interesse tem sido estabelecidos, conectando a Programação em Dois Níveis com outros campos da Programação Matemática. Por exemplo, pode-se mostrar que Problemas Min-Max e Problemas Lineares, Inteiros, Bilineares e Problemas de Programação Quadrática são casos especiais de Problemas em Dois Níveis. Outras classes de diferentes problemas, mas relacionados ao Problema de Dois Níveis são Problemas de Otimização Multi-Objetivo e Problemas Estáticos de Stackelberg.

Muitos pesquisadores tem projetado algoritmos para a solução de problemas em Dois Níveis. Dentre estes algoritmos se pode citar o Algoritmo K-ésimo Melhor Vértice (*"KthBest" Algorithm*), proposto por Wayne F. Bialas & Mark H. Karwan (1984) de fácil implementação e o Algoritmo de Pontos de Equilíbrio (*Equilibrium Point Algorithm*) proposto por MANOEL BEZERRA CAMPÊLO NETO (1999). Além desses algoritmos usando métodos que buscam a solução exata, outros métodos são utilizados para a busca de uma solução aproximada, ou seja, uma boa solução para os problemas que enfocam níveis hierárquicos, sendo tais métodos denominados Meta-heurísticas, como a Busca Tabu (*Tabu Search*), Algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*), e o Algoritmo *"Branch and Bound"* .

Conforme afirma MARCOTTE (1999, p.1)

De um forma geral, a Programação em Dois Níveis consiste numa classe muito difícil de problemas de otimização global, (...) fazendo necessário muitas vezes o uso de processos Meta-Heurísticos, (...) como Busca Tabu ou Algoritmos Genéticos como forma de busca de uma solução.

VICENTE (1997, p.2)

Uma classe desses métodos ou processos operacionais consiste nos algoritmos de pontos extremos e tem sido na maioria das vezes aplicado a problemas de programação linear em dois níveis, porque para este problema, se há uma solução, então há no mínimo um minimizador global que é um ponto extremo da região viável do Problema de Programação Linear em Dois Níveis. Duas outras classes de algoritmos são os algoritmos Branch and Bound e algoritmos pivô complementares que tem em comum o fato de que exploram a condição de complementaridade do problema de nível inferior (assumindo a convexidade da variável do segundo nível, de modo que as condições de otimalidade necessárias, sob uma qualificação apropriada de restrições, são também suficientes).

NEVES (2002)

Os métodos de solução de problema de Programação Binível Linear, segue diferentes caminhos e estratégias de solução. Em muitos casos os métodos apresentados na literatura seguem mais de uma estratégia. As estratégias mais comuns (...) são: a) Métodos de Enumeração de Pontos Extremos; b) Métodos Baseados nas Condições de Otimalidade; c) Branch and Bound; d) Penalização de Folgas Complementares; e) Restrição Convexa Reversa; f) Pontos Interiores.

SANTOS (2002)

Os principais algoritmos existentes na literatura para resolver o PLDN (Problema Linear de Dois Níveis), e agrupados de acordo com sua idéia principal ou estratégia em comum (...) são: (i) Enumeração de Pontos Extremos – K-esimo Melhor Vértice; Pesquisa de Bases Ótimas do Seguidor, (ii) Métodos Baseados nas Condições de Otimalidade – Condições de KKT, MLCP (Maximum Linear Complementarity Problem), (iii) Métodos de Penalidade – uso da função do Primeiro Nível para penalizar o gap primal-dual do Segundo Nível, e (vi) Banch-and-Bound-Fixação de Variáveis Complementares, Eliminação de Variáveis do Seguidor.

4.2.2 Formulação do problema linear de dois níveis e propriedades

Assim a formulação matemática do modelo linear de dois níveis é expressa a seguir, CAMPÊLO (1999, p. 5):

$$\begin{array}{l}
 \text{(PLDN)} \quad \left. \begin{array}{l}
 \max_{x,y} f_1(x,y) = c_1^T x + c_2^T y \\
 \text{s.a. } B_1 x + B_2 y \leq b \\
 x \geq 0, y \text{ solução de}
 \end{array} \right\} \text{Primeiro Nível} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \max_y f_2(x,y) = d^T y \\
 \text{s.a. } A_1 x + A_2 y \leq a \\
 y \geq 0
 \end{array} \right\} \text{Segundo Nível}
 \end{array}$$

Onde os vetores $x, c_1 \in \mathfrak{R}^{n_1}$; $c_2, d, y \in \mathfrak{R}^{n_2}$; $a \in \mathfrak{R}^{m_2}$; $b \in \mathfrak{R}^{m_1}$; as matrizes $A_1 \in \mathfrak{R}^{m_2 \times n_1}$; $A_2 \in \mathfrak{R}^{m_2 \times n_2}$; $B_1 \in \mathfrak{R}^{m_1 \times n_1}$ e $B_2 \in \mathfrak{R}^{m_1 \times n_2}$. Pela sua associação com a função de decisão do primeiro nível, diz-se que x é a variável do líder e y é denominada a variável do seguidor.

Em relação ao Problema de Programação em Dois Níveis e seu tratamento teórico como é descrito na Literatura, associado ao problema tem-se as seguintes definições, CAMPÊLO (1999, p. 5-6) :

✚ O Problema Relaxado:

$$\begin{array}{l}
 \text{(PR)} \quad \max c_1^T x + c_2^T y \\
 \text{s.a. } B_1 x + B_2 y \leq b \\
 A_1 x + A_2 y \leq a \\
 x \geq 0; y \geq 0
 \end{array}$$

✚ O Conjunto Viável do Problema Relaxado:

$$W = \{(x, y) \in \mathfrak{R}^{n_1} \times \mathfrak{R}^{n_2} : A_1 x + A_2 y \leq a, B_1 x + B_2 y \leq b, x \geq 0, y \geq 0\};$$

✚ O Conjunto Viável do Segundo Nível para cada valor de $x \in \mathfrak{R}_+^{n_1}$;

$$W(x) = \{y \in \mathfrak{R}^{n_2} : A_2 y \leq a - A_1 x, y \geq 0\};$$

- ✚ **O Conjunto Solução para o Segundo Nível ou Conjunto Reação do Seguidor para cada valor de $x \in \mathcal{R}_+^{n_1}$;**

$$Y(x) = \arg \max \{ d^T y : y \in W(x) \};$$

- ✚ **O Conjunto Viável do Problema Linear de Dois Níveis ou Conjunto de Reações Racionais ou ainda Região Induzida:**

$$V = \{ (x, y) \in W : y \in Y(x) \};$$

- ✚ **O Conjunto Solução do Problema Linear de Dois Níveis :**

$$V^* = \arg \max \{ c_1^T x + c_2^T y : (x, y) \in V \};$$

Quando o **Conjunto Viável V** está contido no **Conjunto Viável Relaxado W** , pode-se definir uma relaxação para o problema Linear de Dois Níveis, como se pode observar:

$$\text{✚ (PR) } \max c_1^T x + c_2^T y$$

$$\text{s.a. } (x, y) \in W$$

e o seu respectivo conjunto solução será:

$$\text{✚ } W^* = \arg \max \{ c_1^T x + c_2^T y : (x, y) \in W \};$$

→ **Propriedades**

1) O conjunto viável **V** do PLDN está contido na região viável do problema relaxado, indicado por **W** . Esta relação pode ser explorada para estudarmos a geometria da região viável do PLDN, **$V \subset W$**

2) O conjunto solução do PLDN é constituído por pontos extremos do conjunto viável do Problema Relaxado; esta é a motivação pelo qual alguns algoritmos encontrados na Literatura buscam uma solução do PLDN entre os vértices do Problema Relaxado (**PR**);

3) O conjunto V em geral não é conexo¹⁹ nem convexo²⁰. V é conexo no caso do problema PLDN não apresente restrições no primeiro nível, que é o caso tratado na dissertação. A seguir a formulação do PLDNP:

$$\begin{array}{l}
 \text{(PLDNP)} \quad \left. \begin{array}{l}
 \max_{x,y} f_1(x,y) = c_1^T x + c_2^T y \\
 x \geq 0, y \text{ solução de}
 \end{array} \right\} \text{Primeiro Nível} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \max_y f_2(x,y) = d^T y \\
 \text{s.a } A_1 x + A_2 y \leq a \\
 y \geq 0
 \end{array} \right\} \text{Segundo Nível}
 \end{array}$$

4) Quando existe solução de um problema PLDN ele é atingido em um ponto extremo do conjunto viável V do problema;

5) Todo ponto extremo de V é ponto extremo do conjunto relaxado W .

4.2.3 Histórico dos modelos em dois níveis

Devido à grande complexidade do mundo atual, os processos organizacionais, sociais e humanos se encontram em um contínuo processo de interação e sinergia. Tais processos não se encontram soltos, desgarrados ou desconexos da realidade e da sociedade onde estão embutidos, ou seja, os processos organizacionais têm que ser vistos de forma holística, e posteriormente as decisões que irão direcionar, conduzir, focar e verter seus objetivos e metas devem ser considerados como um todo e não apenas basicamente em partes segmentadas. As variáveis que estão embutidas nesse sistema e conseqüentemente fazem parte desse processo decisório também, devido a sua natureza dinâmica, têm que ser englobadas e vistas também como um todo, ou seja, de forma holística e global, pois a alteração ou variação em uma variável desse sistema, poderá influenciar as outras demais variáveis.

¹⁹ **Conexo**: Um conjunto é conexo quando quaisquer pares de pontos do conjunto podem ser conectados por uma curva contida no próprio conjunto.

²⁰ **Convexo**: Um conjunto é convexo quando quaisquer pares de pontos do conjunto definem um segmento de reta totalmente contida no conjunto.

Baseados em tais preceitos, observa-se que os processos organizacionais se encontram dispostos em uma cadeia de processos hierárquicos que devem ser vistos de forma total, assim como uma cadeia de suprimentos, por exemplo, aonde as decisões de um elo dessa cadeia poderão influenciar a cadeia como um todo. Dessa forma, pode-se observar que problemas de otimização Multinível ou em Dois Níveis se levantam de forma freqüente, baseando-se no preceito de unidade dos processos, e dessa forma os modelos matemáticos e de otimização também surgem como forma de sanar ou simplesmente resolver, de forma parcial ou total tais problemas. Conforme afirmam BIALAS e KARWAN (1984)

O planejamento descentralizado tem sido reconhecido por muito tempo como um importante problema tomar decisões. Muitas abordagens baseadas nos conceitos de decomposição de sistemas de larga escala, geralmente estão desprovidas da habilidade para modelar o tipo de subsistemas verdadeiramente independentes que freqüentemente existe na prática. A Programação Multinível modela o controle dessa divisão sobre variáveis de decisão entre níveis requisitados dentro de uma estrutura hierárquica do planejamento. Um planejador em um nível da hierarquia pode ter sua função objetivo e um conjunto das variáveis da decisão da região viável determinadas, em parte, por outros níveis. Entretanto, seus instrumentos de controle podem lhe permitir que influencie as políticas em outros níveis, e através disso melhore sua própria função objetivo.

Vários autores tem proposto formas de solução para uma grande infinidade de problemas, sendo que dentre essa grande diversidade de autores podemos citar:

- i) **DANTAS** (1998) – em sua dissertação de mestrado intitulada *Problemas de Programação de Dois Níveis: Um Estudo dos Casos Linear, Linear-Quadrático e Quadrático*, faz uma análise introdutória da programação em dois níveis, mostrando que os problemas melhor estudados na Literatura, os problemas Problemas de Dois Níveis Lineares, Lineares-Quadráticos e Quadráticos, são de recente pesquisa, além de apresentar suas principais características e propriedades, bem como faz uma análise teórica de alguns problemas exemplo encontrados na Literatura, correlacionando-os. Aponta as principais dificuldades em se desenvolver métodos para a resolução destes três tipos problemas, além de apresentar resultados numéricos para resolver problemas acadêmicos que existem na Literatura, com o método K-ésimo melhor vértice. Aponta alguns algoritmos desenvolvidos para resolver estes problemas, seguidos de um exemplo numérico, na maioria das vezes;

- ii) **CAMPÊLO** (1999) – em sua tese de doutorado denominada, *Programação Linear em Dois Níveis: Uma Abordagem Teórica e Computacional*, faz uma abordagem teórica do problema de programação linear em dois níveis. Formula uma definição inédita na Literatura sobre pontos de equilíbrio para um problema equivalente ao PLDN, isto é, o problema penalizado bilinear associado. Aproveita o método Simplex aplicado na identificação dos pontos de equilíbrio e deriva as condições de otimalidade global ou local destes pontos em relação ao PLDN. Propõe o Algoritmo de Soluções Locais para PLDN e apresenta resultados numéricos com este algoritmo sob uma boa quantidade de problemas testes gerados aleatoriamente;
- iii) **SABÓIA** (2002) – na sua dissertação de mestrado chamada *Métodos de Branch-And-Bound e Penalidades em Programação Linear*, trata do problema de programação linear em dois níveis, suas características e propriedades e os principais algoritmos existentes para a sua resolução. Em seu trabalho faz um estudo comparativo entre dois algoritmos globais: o método de penalidade associado a um algoritmo do tipo *Outer Approximation* e o outro baseia-se em um método *Branch and Bound*. Dessa forma o algoritmo de penalidade para o problema PLDN teve a introdução de um método enumerativo e no algoritmo *Branch and Bound* se incluiu uma penalidade sobre a complementaridade das folgas do segundo nível; essas modificações contornaram as deficiências apresentadas pelos algoritmos originais nos testes realizados, sendo que essas versões modificadas e se mostraram ser bem mais eficientes, do ponto de vista computacional.

4.2.3.1 Aplicações dos modelos de programação em dois níveis

Modelos de dois níveis têm surgido com o intuito de representar os diversos níveis hierárquicos dos processos de produção. Cada nível desses processos possui suas necessidades de uma otimização e controlam apenas algumas variáveis específicas, mas que, têm seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outras variáveis de outros níveis. Por exemplo, as cadeias de distribuição de estoques estão dispostas em níveis hierárquicos, formando o conhecido esquema de estoques em múltiplos escalões. Pode-se observar também, que na Literatura

encontram-se alguns autores que apresentaram aplicações dos modelos de dois níveis para diversos problemas. Assim, tem-se os seguintes trabalhos:

- i) **NEVES** (2002) – propôs em sua tese de doutorado *Modelo de Programação Binível para Alocação Dinâmica de Veículos*, o uso da Programação Linear em Dois Níveis enfatizando a sua abordagem para o problema de alocação dinâmica de veículos. O modelo desenvolvido considera uma parceria entre dois agentes tomadores de decisão: o transportador e o expedidor. Sendo que neste modelo o transportador toma as decisões de alocação dos veículos procurando maximizar seu lucro e o expedidor procura minimizar as cargas enviadas com atraso, fazendo uma análise compensatória entre atrasos no despacho de cargas e o lucro do transportador. O seu modelo foi implementado no software **Matemathica**, utilizando o Algoritmo K-ésimo Melhor Vértice (*Kth-best Algorithm*), sendo que os resultados obtidos foram de grande potencial de aplicação da Programação Linear em Dois Níveis para a Logística;
- ii) **SANTOS** (2002) – em sua dissertação de mestrado, *Programação em Dois Níveis aplicada ao Estudo da Oferta Ótima de Sistemas Termoelétricos*, apresentou um estudo sobre a Programação Linear em Dois Níveis, considerando a formulação matemática do problema e relacionou algumas propriedades teóricas e algoritmos para uma resolução do modelo de PLDN. Na parte prática de sua Dissertação, ele formulou o problema de despacho de energia elétrica como um problema de Programação Linear em Dois Níveis, especificando que no primeiro nível estava o problema da estratégia ótima de oferta para um gerador térmico, ou seja, maximizar lucros, e no segundo nível é representado o agente regulador que tenta minimizar o custo total do despacho térmico. A implementação do modelo proposto foi realizado no software **Matlab**, utilizando um método *Branch and Bound*.
- iii) **LAVAL** (2003) – propôs em sua dissertação de mestrado, *Modelo de Programação Linear em Dois Níveis para Otimização de Estoques de Sobressalentes*, um modelo para otimização de estoques, uma vez que, a cadeia de distribuição de sobressalentes está escalonada em vários níveis compostos por organizações distintas, com cada nível dessa estrutura hierárquica tendo seus objetivos próprios, além de controlar apenas algumas variáveis específicas, mas tem seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outros níveis dessa cadeia. Ele enfatizou o primeiro nível de decisão (dos centros de

manutenção) que busca minimizar o número de pedidos atrasados e o desbalanceamento entre os níveis de serviço dos centros de manutenção, e o segundo nível de decisão (o depósito central) que busca minimizar os custos de transporte e de manutenção dos estoques na cadeia de distribuição de sobressalentes;

4.3 ESTOQUES, CADEIAS DE SUPRIMENTO E PESQUISA OPERACIONAL

No mundo organizacional pode-se observar que em meio aos processos produtivos, o suprimento, a oferta e a demanda, não se encontram, na grande maioria das vezes, em um processo de harmonia absoluta, sendo a harmonia um fator totalmente desejável para todos os gestores dos processos produtivos organizacionais. Dessa forma para amenizar tal discrepância faz-se necessário o uso de estoques, pois além de suprirem as necessidades de períodos cujos picos são ditados por uma demanda esporádica ocasional, eles servem para sanar uma certa sazonalidade em relação à demanda habitual.

- i) Assim nota-se que os estoques servem de pulmão para os processos produtivos, tornando-se assim algo primordial para a sobrevivência de tais processos empresariais. No entanto, uma questão que se torna primordial ao que cerne a estoques é a forma como ele será controlado, planejado ou avaliado, e também se tal processo é eficaz, fazendo com que razão a primordial de sua existência, que seria o suprimento de falhas inesperadas, seja justificada. Várias formas e modelos de controle de estoques foram criados e aplicados, tanto a nível teórico como prático.

Pode-se observar que dentre estas formas e modelos de controle, planejamento e avaliação de estoques, os processos logísticos oriundos de uma cadeia de suprimentos sempre tiveram arraigados em relação aos estoques, mesmo que de forma implícita, modesta, ou ainda oculta, pois não pode-se considerar o processo de estocagem, sem que haja:

- a. Fornecimento - de matérias primas, componentes, etc;
- b. Processamento ou produção - de produtos em bens, sejam produtos acabados, semi-acabados, etc;
- c. Distribuição ou Suprimentos - para filiais, varejistas, atacadistas, etc;

d. Venda - para clientes, consumidores, etc;

Esses quatro fatores só terão sentido se estiverem embutidos em uma cadeia de suprimentos para que posteriormente possam ser estocados, em seus destinos finais, semifinais ou transitórios.

Entretanto, pode-se observar que devido a competitividade e dinamismo global, um grande número de variáveis, tanto relacionadas aos processos de estocagem quanto às cadeias de suprimentos estão surgindo. Tais variáveis não podem ser ignoradas ou simplesmente esquecidas, pois sua relevância na tomada de decisão para a escolha das melhores políticas de estoques devem ser consideradas.

Um outro fato relevante é que devido a grande diversidade do número de estoques, com natureza única ou específica, procedência de fornecimento, produtos com diferentes qualidades, além de formas de abordagens diversificadas no seu tratamento, deve-se buscar métodos aos quais possa-se equacionar as políticas que serão utilizadas para o seu controle, planejamento e avaliação, tendo como intuito a busca de um nível ótimo, tanto de estocagem, bem quanto à sua disposição na cadeia de suprimentos.

No entanto, dentre todos os fatores que estão relacionados a estoques e cadeia de suprimentos, um fator deve ser considerado devido à sua extrema importância e de grande relevância, pois tal fator chama a atenção devido à sua peculiaridade e natureza dinâmica para o processo de controle, planejamento e avaliação dos estoques na cadeia de suprimentos. Esse fato a ser considerado é o processo hierárquico pela qual as cadeias de suprimentos dos itens em estoque, estão dispostos.

O fator hierarquia é algo tão importante nos dias atuais, pois, em um mundo globalizado composto por uma enorme gama de variáveis, que são de extrema relevância para os processos de planejamento, controle e avaliação de estoques dispostos em uma cadeia de suprimentos, deve-se considerar esses fatores ou variáveis para o processo de modelagem de estoques, que estão alocados em vários níveis hierárquicos de uma cadeia de suprimentos.

Pode-se observar também, que para a tomada do processo decisório de otimização de toda a cadeia de suprimentos de estoques, as variáveis que estão dispostas em um certo nível da hierarquia, também pertencem ou podem pertencer a outros níveis dessa mesma hierarquia, fazendo com que o processo decisório se

torne dinâmico, uma vez que o valor ótimo da função objetivo de um nível hierárquico não será necessariamente o valor ótimo da função objetivo de outro nível, fazendo-se necessária a busca de uma cooperatividade, entre os níveis dessa hierarquia. Segundo DANTAS (1998, p.1-2)

(...), Há em um processo de tomada de decisão, no mínimo dois decisores , ou ainda um grupo de decisores no processo, com objetivos que podem ser independentes (ou não) e as vezes conflitantes. Quando há a cooperação entre os níveis, para que uma meta seja alcançada, chama-se de caso cooperativo. Mas pode ocorrer que haja a impossibilidade de comunicação entre os níveis ou a proibição de qualquer tipo de acordos, como por exemplo, leis anti-*trust*. Esses serão os casos não-cooperativos: (...) assim em um problema de dois níveis hierárquicos, por exemplo, (...) o segundo nível executa sua política depois e de acordo com as decisões do primeiro, (...) o primeiro setor tem seu espaço de decisão determinado, em parte, pelo segundo e cada nível tem controle somente sobre certas variáveis.

Em um problema de dois níveis, conforme SHEE, TANG e TZENG (2000, p.84)

Os dois indivíduos ou tomadores de decisão são organizados em uma estrutura hierárquica onde cada um controla um conjunto de variáveis de decisão independentemente, e cada um tem diferentes e talvez objetivos contraditórios (...). Decisões em dois níveis são executadas em um caminho seqüencial, a partir do primeiro nível em direção ao(s) níveis inferiores. Cada uma das unidades de tomada de decisão interativas tenta otimizar seus próprios objetivos ainda que sujeito a afetar as restrições de recurso e as ações de outras unidades. (...) As idéias fundamentais das técnicas de programação em dois nível são seguintes: Primeiramente, o líder determina uma estratégia (um conjunto de suas metas, objetivos ou decisões) e o seguidor então, especifica uma estratégia para otimizar seus objetivos com um completo entendimento da decisão do líder. Em segundo lugar, o líder modifica a estratégia do seguidor, submetida após a consideração das metas da estratégia, e este processo continua até a realização ou alcance de uma solução satisfatória. Tal um processo é o mais adequado ou apropriado quando decisões conflitantes são necessárias. Esta aplicabilidade reflete a natureza de possibilidade de interação para ser útil para atividades de tomada de decisão onde dois tomadores de decisões com objetivos diferentes e conflitantes estão envolvidos.

Assim, em uma cadeia de suprimentos de estoques o principal objetivo seria a busca de um ótimo global que seja compartilhado por todos os níveis hierárquicos da cadeia, de forma que os estoques, de todos os níveis dessa cadeia de suprimentos sejam satisfeitos, através desse compartilhamento de decisões.

A Programação Multinível é um ramo da Pesquisa Operacional que fornece um poderoso ferramental tanto teórico como prático para a modelagem desses processos de otimização dispostos em níveis hierárquicos. Assim a modelagem da cadeia de suprimentos de estoques, uma vez que tal cadeia está disposta em níveis

hierárquicos distintos, mas com variáveis que pertencem a outros níveis, poderá ser representada pela Programação Multinível. Segundo CAMPÊLO (1999, p. 3-4)

Muitos processos decisórios envolvem a participação de agentes que estão inseridos em uma estrutura hierárquica de poder ou influencia. Frequentemente, cada nível nesta hierarquia tem objetivos próprios (conflitantes ou não) e controla algumas variáveis específicas, mas tem seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outros níveis. Assim a programação em dois níveis é uma área da programação matemática cujo objetivo de estudo são exatamente problemas de otimização envolvendo dois níveis hierárquicos (...), sendo que o agente do segundo nível (o seguidor) está subordinado ao do primeiro nível (o líder).

LAVAL (2003, p.15)

Este tipo de problema, envolvendo vários níveis de tomada de decisão, é tratado na Programação Multinível que considera a interdependência e a integração dos níveis decisórios.

MIGDALAS et. al. (1997) apud LAVAL (2003, p.36)

Em muitos processos decisórios existe uma hierarquia de tomada de decisões dos diferentes níveis hierárquicos. A programação multinível focaliza estas estruturas. Em termos de modelagem, o domínio das restrições associado ao problema da programação multinível é determinado por séries de problemas de otimização que são resolvidos por decisões seqüenciais. Sendo assim, o estudo da programação multinível constitui um importante campo pesquisa atualmente.

Dessa forma, observa-se que muitos processos de otimização estão dispostos hierarquicamente em estruturas multiníveis ou multi-escalonadas. No entanto para efeito de simplificação do processo de otimização, a modelagem muitas vezes é feita de forma seccionada, apenas englobando uma parcela dessa cadeia de suprimentos, de forma que apenas uma parte dela seja analisada para se poder observar o comportamento dessa hierarquia no processo de tomada de decisão. Assim, pode-se observar que o uso de Programação em Dois Níveis é um ramo da otimização muito utilizado para se observar o comportamento sinérgico de uma parcela de um sistema disposto em múltiplos escalões hierárquicos. Como um caso particular da Programação Multinível, a Programação em Dois Níveis, como foi abordada em seções anteriores, foca apenas dois níveis hierárquicos. Assim, segundo VICENTE (1991, apud LAVAL, 2003, p.36)

O problema da programação linear em dois níveis (PLDN), também chamado de programação binível (BP), como sendo o problema da programação multinível com dois níveis.

WEN e HSU (1991) apud LAVAL (2003, p.36)

Associam a definição do problema da programação linear em dois níveis aos processos decisórios que envolvem a participação de agentes que estão inseridos em uma estrutura hierárquica de poder ou influência. Onde freqüentemente, cada nível nesta hierarquia tem objetivos próprios (conflitantes ou não) e controla algumas variáveis específicas, mas tem seu espaço de decisão total ou parcialmente determinado por outros níveis.

CAMPÊLO (1999, p.3-4)

A programação em dois níveis (binível) é uma área da programação matemática cujo objeto de estudo são exatamente problemas de otimização envolvendo dois níveis hierárquicos com as características acima descritas, sendo que o agente do segundo nível (o seguidor) está subordinado ao do primeiro nível (líder).

Assim, modelando apenas dois níveis, observa-se como essa parcela do todo se comporta, em relação à cadeia de suprimentos de estoques. No que concerne ao processo de otimização e modelagem do problema de Programação em Dois Níveis, observa-se que a convexidade das restrições é um fator de extrema importância em relação a um dado problema específico porque facilita na elaboração de algoritmos. Conforme afirma SIMON (1979) apud BIALAS (2005)

A causa real das decisões pobres nas organizações pode ser a não-convexidade de funções racionais da resposta. A racionalidade limitada pode simplesmente ser um fator que contribui para tal conjuntura.

SAMUELSON apud BIALAS (2005)

Atribui a falha da conjuntura a uma não-análise das restrições tecnológicas do sistema. Os modelos Multinível de Otimização com restrições de tecnologia não-analisadas produzem problemas não convexos de Otimização.

Deve-se considerar, em um processo de modelagem e otimização, que além dos fatores internos que causam a não-convexidade, fatores externos também podem causá-la, pois se um dado problema está disposto em uma hierarquia, como foi enfatizado anteriormente, ele controla algumas variáveis, que estão sob sua amplitude administrativa, mas outras não, que pertencem aos outros níveis da cadeia. Assim, deve-se ter um processo eficaz de negociação com nossos parceiros

de forma que os objetivos, não somente os nossos, mas de toda a cadeia de suprimentos seja satisfeita.

BIALAS (2004)²¹, considera, que um dos fatores que poderiam produzir a ineficiência dos processos organizacionais, seria o direito de posse imposto por uma entrada externa, ou seja, em um elo de uma cadeia de suprimentos. Irão existir alguns elos mais fortes que outros, fazendo com que sua vontade seja imposta a estes elos mais fracos, contribuindo assim para uma não-convexidade de um processo de modelagem.

Assim, fazendo com que todos os elos de uma cadeia busquem uma mesma resposta racional ao mercado no qual são atuantes, considerando que nesse mercado existem elos que dependem das decisões de outros, sabendo que suas decisões irão influenciar nas políticas de seus parceiros, ou seja, suas saídas (outputs), irão se internalizar nas entradas (inputs) de outros níveis. Segundo CHEW (1981) apud BIALAS (2005)

Os responsáveis pelas decisões podem geralmente extrair a maioria dos benefícios de um sistema convexo. (...) Mas quando o comportamento dentro da organização é não convexo, o sistema inteiro pode encontrar-se (...) em um estado não estável.

Dessa forma, observa-se que o fator convexidade em uma cadeia de suprimentos é um fator de primordial importância para as organizações no que concerne à modelagem de seus processos, bem como para aplicação de métodos de otimização.

Este capítulo finaliza com um exemplo da formulação de um modelo de PLDN para um problema de distribuição de estoques entre um depósito central e dois distribuidores.

²¹ Multilevel Optimization: Some ideas for further study in multilevel optimization. Disponível em: http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/info/multilevel_ideas.html. Acessado em: 10/08/2004. , 2005.

EXEMPLO

Descrição do Problema

Uma organização tem um problema de distribuição de peças. Ela atua num mercado de área geográfica de cobertura extensa e portanto, deve estabelecer a seguinte estrutura de estoques.

Os estoques do Depósito Central (Atacadista) e dos 2 Distribuidores (Atacadistas Regionais) são geridos atendendo aos clientes com diferenciação cultural por regiões, e portanto tem independência em algumas decisões, porém, pertencem a uma só organização. Assim, o Depósito e os 2 Distribuidores possuem seus respectivos gerentes.

As projeções de demanda dos produtos em cada região são primeiramente feitas pelo gerente dos Distribuidores e repassadas para o gerente do Depósito Central. Cabe ao gerente do Depósito Central cobrir a oferta da demanda estipulada pelos 2 Distribuidores. Assim, o modelo matemático do problema é feito colocando no primeiro nível a decisão dos Distribuidores Regionais e no segundo nível a decisão do Depósito Central. É de interesse do Depósito Central maximizar sua quantidade de estoque em relação à quantidade demandada nos Distribuidores, enquanto os Distribuidores visam a minimização dos custos de transporte e dos custos de estoque.

Como informação adicional, o pagamento do custo de transporte do Depósito ao Distribuidor j é de responsabilidade do próprio Distribuidor, além de existirem dois tipos de transportes, um de custo normal e outro de custo emergencial ao qual tomará menos tempo.

Variáveis para calcular os Custos de Distribuição

→ x_{DDj} : Quantidade de Mercadorias em m^3 transportada do Depósito para o Distribuidor j , para $j = 1,2$. Temos duas categorias de transporte:

→ xn_{DDj} : Quantidade de Mercadorias em m^3 transportada do Depósito no modo normal, e;

→ xe_{DDj} : Quantidade de Mercadorias em m^3 transportada do Depósito no modo emergencial. Daí, têm : $x_{DDj} = xn_{DDj} + xe_{DDj}$

CL_j : Custo Logístico unitário (em reais/ m^3) de transporte do Depósito para o Distribuidor j , para $j = 1,2$. O Distribuidor é quem paga esses custos Logísticos. Os

custos Logísticos são constituídos pela mão-de-obra de embarque, mão-de-obra no decorrer do transporte, armazenamento da carga durante o transporte, as despesas de entrega. Temos duas categorias de custo Logístico unitário de transporte do Depósito para o Distribuidor j : CLN_j , o custo Logístico Normal e o CLE_j o custo Logístico Especializado. Daí tem: $CL_j = CLN_j + CLE_j$

Variáveis para calcular Custos de Armazenagem, Quantidade e Demanda de Estoque no Depósito e no Distribuidor

→ y_{DIj} : Estoque em m^3 existente no Distribuidor j , para $j = 1, 2$;

CDI_j : Custo unitário de manutenção do estoque no Distribuidor j , para $j = 1, 2$, no período considerado em (reais/ m^3);

→ y_{DE} : Estoque em m^3 existente no Depósito;

CDE : Custo unitário de manutenção do estoque no Depósito, no período considerado em (reais/ m^3)

$CEDE$: Custo máximo de estoque aceitável no Depósito no período considerado;

QDE : Quantidade máxima de estoque aceitável no Depósito;

$CEDI_j$: Custo máximo de estoque aceitável no Distribuidor j , para $j = 1, 2$, no período considerado;

QDI_j : Quantidade máxima de estoque aceitável no Distribuidor j , $j = 1, 2$;

$QDEDI_j$: Quantidade máxima de Mercadorias que pode ser transportada do Depósito para o Distribuidor j para $j = 1, 2$;

CDD_j : Custo máximo de transporte do depósito para o distribuidor j para $j = 1, 2$;

Di_j : Demanda existente no Distribuidor j , para $j = 1, 2$;

De : Demanda existente no Depósito;

Funções Objetivo do Modelo:

Considerando que as seguintes funções

$X = \sum_{j=1,2} [CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj}]$: Custos logísticos;
 $Y = \sum_{j=1,2} [CDI_j * y_{DIj}]$: Custos de Armazenagem e
 y_{DE} : Quantidade de Estoque no Depósito

A formulação das funções objetivo do 1° e 2° nível do modelo para o problema são, respectivamente:

(Distribuidores) **Min X + Y**
 (Depósito) **Max y_{DE}**

Restrições do Problema:

1. **Custo de Estoques no Depósito:** O custo de estoques no Depósito é igual ao estoque existente no Depósito, mais o que será expedido do Depósito para o Distribuidor j (Quantidade de Mercadorias transportada), nas duas modalidades de transporte, caso haja as duas:

$$CDE * y_{DE} + [CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj}] \leq CEDE$$

Para j = 1,2;

2. **Custo de Transporte (Logística):** A quantidade de Mercadorias transportada do Depósito para cada Distribuidor j, vezes o seu custo Logístico, nas duas modalidades de transporte, caso haja, não pode ser maior que a capacidade de transporte para esse Distribuidor j :

$$CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj} \leq CDD_j$$

Para j = 1,2;

3. **Custo de Estoques nos Distribuidores:** O custo de estoque em cada Distribuidor j é igual ao estoque no Distribuidor j, vezes o seu custo, mais a quantidade que foi expedida pelo Depósito para o Distribuidor j, nas duas modalidades de transporte, caso haja, vezes o seu custo:

$$CDI_j * y_{DIj} + CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj} \leq CEDI_j$$

Para j = 1,2;

4. **Quantidade Demandada nos Distribuidores:** A quantidade demandada no Distribuidor j, deve ser menor ou igual que a quantidade de estoque existente no Distribuidor j, ou seja, a quantidade existente no Distribuidor j, mais a quantidade de mercadoria transportada do Depósito para o Distribuidor j, nas duas modalidades de transporte, caso haja as duas :

$$Di_j \leq y_{DIj} + xn_{DDj} + xe_{DDj}; \text{ para } j = 1,2;$$

5. **Quantidade Demandada no Depósito:** A quantidade demandada do Depósito, deve ser menor ou igual ao estoque existente no Depósito, mais o que será expedido do Depósito para o Distribuidor j (Quantidade de Mercadorias transportada), nas duas modalidades de transporte, caso haja as duas:

$$De \leq y_{DE} + xn_{DDj} + xe_{DDj}; \text{ para } j = 1,2.$$

Formulação completa do modelo:

Min $X + Y$

s.a. Max y_{DE}

s.a.

$$CDE * y_{DE} + [CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj}] \leq CEDE; j = 1,2.$$

$$CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj} \leq CDD_j ; j = 1,2.$$

$$CDI_j y_{DIj} + CLN_j xn_{DDj} + CLE_j xe_{DDj} \leq CEDI_j ; j = 1,2.$$

$$Di_j \leq y_{DIj} + xn_{DDj} + xe_{DDj} ; j = 1,2.$$

$$De \leq y_{DE} + xn_{DDj} + xe_{DDj} ; j = 1,2.$$

O problema é modelado por 7 variáveis e 10 restrições, onde somam-se custos:

$$X = \sum_{j=1,2} [CLN_j * xn_{DDj} + CLE_j * xe_{DDj}] \text{ e}$$

$$Y = \sum_{j=1,2} [CDI_j * y_{DIj}].$$

5. CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS

A implementação computacional deste trabalho foi realizada em um PC (*Personal Computer*) Pentium III/550 MHz, utilizando como **Solver** o Software **Matlab - “The Language of Technical Computing”, Versão 6.0.0.88 – Release 12 – 2000**. Como forma de auxílio da implementação computacional, foram utilizados os pacotes propostos por EDWARD NEUMAN (1999). Os resultados obtidos nos testes realizados, não visam tempo computacional, mais sim, uma implementação do Algoritmo proposto como meio didático e acadêmico.

5.1 O ALGORITMO PROPOSTO

O algoritmo proposto, que foi implementado neste trabalho, denominado Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis para problema linear de dois níveis (AIVV - PLDNP) foi inspirado no Algoritmo de Pontos de Equilíbrio, proposto por CAMPÊLO e SCHEIMBERG²² (2005, p.5), sendo este um procedimento usado para encontrar candidatos à uma solução de um Problema Linear de Dois Níveis, sem restrições no primeiro nível do problema (PLDNP). Esse algoritmo faz uso das condições de otimalidade de KARUSH-KUHN-TUCKER (KKT) para simplificar o cálculo de soluções utilizando somente o método Simplex.

5.1.1 O Algoritmo de pontos de equilíbrio

O Algoritmo de Pontos de Equilíbrio é usado para encontrar candidatos a uma solução de um problema Linear de Dois Níveis sem restrições no primeiro nível do problema. Em síntese, o procedimento do algoritmo consiste em formular o Problema de Programação Linear em Dois Níveis como um problema penalizado equivalente, através das condições de otimalidade de Karush-Kuhn-Tucker (KKT), contendo a função objetivo do líder e as restrições do seguidor, e o outro problema contendo a função objetivo do líder e o respectivo dual relacionado a função objetivo do seguidor e as suas restrições. Assim logo após a resolução de cada um desses problemas, se faz o teste de otimalidade através de uma multiplicação vetorial das

²² A simplex approach for finding local solutions of a linear bilevel program by equilibrium points. Disponível em: <http://www.lia.ufc.br/~mcampelo/mcampeloPublic.htm>, 2005. Acessado em: 04/08/2005.

folgas complementares pelas variáveis dos problemas, buscando uma solução igual a zero, definindo assim um ponto de equilíbrio onde pode-se extrair informações e identificar soluções locais e/ou globais.

5.1.2 As condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT)

Nesta seção, são apresentadas de forma sucinta, as condições de KKT de um problema de PL. Considere o seguinte Problema de Programação Linear em sua forma primal:

$$\begin{aligned} \text{Max } & c^T x \\ \text{s.a. } & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

Onde:

- c é um **vetor n -dimensional** ;
- b é um **vetor m -dimensional**, e;
- A é uma **matriz $m \times n$** .

O problema dual relacionado ao primal é:

$$\begin{aligned} \text{Min } & b^T u \\ \text{s.a. } & A^T u \geq c \\ & u \geq 0 \end{aligned}$$

Assim as condições **KKT** são estabelecidas pelo sistema:

- (1) $Ax + w = b, x \geq 0, w \geq 0$;
- (2) $A^T u \geq c, u \geq 0$;
- (3) $wu = 0$;
 $x(A^T u - c) = 0$;

Onde:

- x é a variável do problema primal;
- u é a variável do problema dual;
- w é o vetor m -dimensional das variáveis de folga do primal, e;
- $(A^T u - c)$ corresponde ao vetor n -dimensional das variáveis de excesso do dual, representado por $v = A^T u - c$;

Determinando uma solução para as **variáveis** (x, u, w, v) relacionadas ao sistema (1), (2) e (3) resolvem os problemas primal e dual originais. Fazendo uma leitura das condições de **KKT**, o sistema representado anteriormente significará a relação:

- (1) corresponde às condições de viabilidade primal do problema;
- (2) corresponde às condições de viabilidade dual do problema;
- (3) corresponde às condições de complementaridade das folgas, ou seja, o vetor das variáveis de folga do problema primal está associado à variável do dual e o vetor das variáveis de excesso do dual está associado à variável do primal.

A seguir é mostrado o problema equivalente ao Problema de Programação Linear em Dois Níveis (LBP) denotado por (LBP-KKT) como se segue:

$$\begin{aligned}
 \text{(LBP)} \quad & \text{Max}_{x,y} \quad f_1(x, y) = c_1^T x + c_2^T y \\
 & \text{s.a. } x \geq 0, \text{ onde } y \text{ é solução de:} \\
 & \quad \text{Max}_y \quad f_2(x, y) = d^T y \\
 & \quad \text{s.a. } A_1 x + A_2 y \leq a \\
 & \quad y \geq 0
 \end{aligned}$$

Onde os vetores $c_1, x \in \mathfrak{R}^{n_1}$; $c_2, d, y \in \mathfrak{R}^{n_2}$; $a \in \mathfrak{R}^m$; as matrizes $A_1 \in \mathfrak{R}^{m \times n_1}$; $A_2 \in \mathfrak{R}^{m \times n_2}$. Baseando-se nas condições de otimalidade de **Karush-Kuhn-Tucker (KKT)**, o Problema de Programação Linear em Dois Níveis pode então ser reescrito, substituindo o segundo nível do problema, como pode-se observar:

$$\begin{aligned}
 \text{(LBP-KKT)} \quad & \text{Max}_{x,y} \quad c_1^T x + c_2^T y \\
 & \left. \begin{aligned} \text{s.a. } & A_1 x + A_2 y + w = a \\ & x \geq 0, y \geq 0, w \geq 0 \end{aligned} \right\} \text{Condições de Viabilidade Primal} \\
 & \left. \begin{aligned} & A_2^T u - v = b \\ & u \geq 0, v \geq 0, \end{aligned} \right\} \text{Condições de Viabilidade Dual} \\
 & \left. \begin{aligned} & u^T w = 0 \\ & v^T y = 0 \end{aligned} \right\} \text{Condições de Complementaridade das Folgas}
 \end{aligned}$$

Onde:

$w \in \mathfrak{R}^m$ é o vetor de folga da variável primal;

$u \in \mathfrak{R}^m$ é o vetor da variável do dual, e;

$v \in \mathfrak{R}^{n_2}$ é o vetor de excesso da variável dual;

No entanto, o problema (**LBP - KKT**) transformado nas condições de otimalidade de **KKT** apresentam uma coleção de restrições não-lineares, correspondente às condições de complementaridade das folgas. Esse fator, no entanto não se torna interessante ao nível de implementação, pois aumentará a complexidade de resolução do problema, uma vez que a restrição não-linear levaria a usar algoritmos diferentes ao Simplex. Com esse intuito, se utiliza um artifício comum na programação matemática, como abordagem alternativa para o problema (**LBP-KKT**), que seria penalizar estas restrições não-lineares. Assim, as restrições não-lineares são incrementadas a função objetivo, penalizadas com um valor M se o problema for de minimização e $-M$ se o problema for de maximização, sendo este um parâmetro de penalidade, onde $M \geq 0$, de forma a se buscar uma solução ótima para o problema. Portanto se observa que o problema (**LBP - KKT**) dependerá do parâmetro M e irá ter o seguinte aspecto:

$$\begin{array}{l}
 \text{Parâmetro de Penalização} \\
 \text{da Função Objetivo} \quad \swarrow \\
 \text{Condições de Complementaridade} \\
 \text{das Folgas} \quad \searrow \\
 \text{LBP-KKT}(M) \quad \text{Max}_{x,y} \quad c_1^T x + c_2^T y - M (u^T w + v^T y) \\
 \left. \begin{array}{l}
 \text{s.a} \quad A_1 x + A_2 y + w = a \\
 x \geq 0, y \geq 0, w \geq 0
 \end{array} \right\} \text{Condições de Viabilidade Primal} \\
 \left. \begin{array}{l}
 A_2^T u - v = b \\
 u \geq 0, v \geq 0
 \end{array} \right\} \text{Condições de Viabilidade Dual}
 \end{array}$$

Com a finalidade de reduzir a formulação de **LBP-KKT(M)** será utilizada a notação a seguir, conforme CAMPÊLO e SCHEIMBERG (2005, p.3):

✚ **As Matrizes em Bloco:**

$$A = [A_1 \quad A_2 \quad I_m] \in \mathfrak{R}^{m \times n};$$

$$D = [0 \quad -I_{n_2} \quad A_2^T] \in \mathfrak{R}^{n_2 \times n};$$

$$n = n_1 + n_2 + m;$$

I_p é uma **matriz identidade** ($p \times p$);

0 é uma **matriz nula** com dimensão apropriada para cada caso;

✚ Os Vetores fixos e variáveis:

$c^T = (c_1^T, c_2^T, 0) \in \mathfrak{R}^n$ – o vetor da função objetivo do líder;

$z^T = (x^T, y^T, w^T) \in \mathfrak{R}^n$ - o vetor de todas as variáveis relacionadas ao Problema de Programação Linear em Dois Níveis e associadas com a formulação primal padrão do seguidor. Assim a variável x esta associada ao líder, a variável y associada ao seguidor e a variável w pertence as variáveis de folga do seguidor;

$s^T = (0, v^T, u^T) \in \mathfrak{R}^n$ - representa as variáveis ligadas ao problema dual do seguidor, sendo que u é a variável da formulação dual do seguidor e v a variável de excesso do dual;

✚ Os Conjuntos viáveis:

$$Z = \{ z \in \mathfrak{R}^n : Az = a, z \geq 0 \}$$

$$S = \{ s \in \mathfrak{R}^n : Ds = d, s \geq 0 \}$$

Assim o Problema de Programação Linear em Dois Níveis Penalizado **LBP-KKT(M)**, utilizando a notação acima será escrito como:

$$\begin{aligned} P(M) \quad \text{Max } F_M(z, s) &= c^T z - Ms^T z \\ \text{s.a. } z &\in Z, s \in S \end{aligned}$$

Baseando-se na definição dos vetores z e s , e nas matrizes dispostas em blocos, é definido o que é um Ponto de Equilíbrio. CAMPÊLO e SCHEIMBERG (2003), definiram um Ponto de Equilíbrio do Problema Penalizado **P(M)** como sendo um ponto (z', s') para o qual existe $M' \geq 0$ tal que, para cada $M \geq M'$, verifica-se a seguinte relação:

$$\text{Max } \{ F_M(z', s) : s \in S \} = F_M(z', s') = \text{Max } \{ F_M(z, s') : z \in Z \}$$

Onde:

$$F_M(z, s) = c^T z - Ms^T z - \text{ é a Função Objetivo do Problema } P(M).$$

Da definição de Ponto de Equilíbrio pode-se identificar dois Problemas de Programação Linear:

$$\left. \begin{array}{l} P(M; s') \quad \text{Max} \quad c^T z - M s'^T z \\ \text{s.a.} \quad z \in Z = \{z \in \mathbb{R}^n, z \geq 0 : Az = a\} \end{array} \right\} \text{Fixado } (0, v', u') = s'$$

$$\left. \begin{array}{l} P(M; z') \quad \text{Max} \quad c^T z' - M z'^T s \\ \text{s.a.} \quad s \in S = \{s \in \mathbb{R}^n, s \geq 0 : Ds = d\} \end{array} \right\} \text{Fixado } (x', y', w') = z'$$

Assim para x' , y' e w' fixos, tem-se a função linear $c_1^T x' + c_2^T y' - M(u^T w' + v^T y')$ nas variáveis u e v . E de forma análoga, fixando u' e v' tem-se a função $c_1^T x + c_2^T y - M(u'^T w' + v'^T y)$ linear em x , y e w . Observa-se também que, em relação a $P(M; s')$ quando o valor de $c^T z$ é máximo, o valor de $-M s'^T z$ é mínimo, e de forma análoga em relação a $P(M; z')$, quando o valor de $c^T z'$ é máximo, o valor de $-M z'^T s$ é mínimo. Dessa forma, se (z', s') é um Ponto de Equilíbrio do Problema Penalizado $P(M)$, então, se verifica também:

$$0 = \text{Min} \{z'^T s : s \in S\} = \text{Min} \{s'^T z : z \in Z\} = s'^T z'$$

Em consequência se observa que, se (z', s') é um Ponto de Equilíbrio do Problema de Programação Linear em Dois Níveis Penalizado $P(M)$, a condição de complementaridade $s'^T z' = 0$ será satisfeita.

Baseando-se nas observações expostas acima, o algoritmo proposto por CAMPÊLO e SCHEIMBERG (2005, p.5) para encontrar um Ponto de Equilíbrio do Problema Penalizado $P(M)$ é demonstrado como segue:

Passo 0 : Se $Z \times S = \emptyset$, então o Problema de Programação Linear é impossível.

Caso contrário se $Z \times S \neq \emptyset$, escolher um $z^0 \in Z$;

Passo 1 : Resolva o problema $P(M, z^0)$ para encontrar uma solução s^* , através do Método Simplex;

Passo 2 : Resolva o problema $P(M, s^*)$. Se este problema paramétrico é ilimitado, então o $P(M)$ é ilimitado para todos os $M \geq 0$ e, portanto o Problema de Programação em Dois Níveis também é ilimitado. Em caso contrário calcular a solução z^* . O ponto (z^*, s^*) é um Ponto de Equilíbrio;

5.1.3 Algoritmo identificador de vértices viáveis para o problema linear de dois níveis (AIVV - PLDNP)

O Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis proposto, parte do mesmo princípio do Algoritmo de Pontos de Equilíbrio, proposto por CAMPÊLO e SCHEIMBERG (2005, p.5). O procedimento desse algoritmo consiste em formular o Problema de Programação Linear em Dois Níveis como um problema penalizado equivalente, depois de aplicadas as condições otimalidade de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) no problema do segundo nível.

Nesse problema penalizado, $\text{Min } P_M(z^\circ, s)$, sua função objetivo está formada pela função objetivo do líder e a parcela penalizada da complementaridade das folgas, sendo que suas restrições são as condições KKT do problema do seguidor. Fixadas as variáveis do problema primal do seguidor ou as variáveis do problema dual do seguidor, são gerados dois problemas penalizados lineares que definem um Ponto de Equilíbrio para $M > M^\circ$, quando se verifica que :

$$\text{Min } P_M(z^*, s) = \text{Min } P_M(z, s^*) = P_M(z^*, s^*)$$

O algoritmo AIVV-PLDNP, diferentemente do Algoritmo de Pontos de Equilíbrio, trabalha com um valor de penalidade fixa (M), e sua rotina ou procedimento é repetida até encontrar cada um dos (N) pontos extremos da região viável do problema do seguidor, que satisfazem as seguintes condições:

- i) $z^\circ = \text{argmin} \{ P_M(z, s^*) \}$ sendo que onde $s^* = \text{argmin} \{ P_M(z^*, s) \}$
- ii) Fazendo $x = x^*$, encontrando y^{**} para o Problema do Segundo Nível, sendo que se $y^* = y^{**}$, o ponto (z^*, s^*) é um Vértice Viável do PLDNP;

A implementação do algoritmo AIVV-PLDNP se torna um procedimento de grande complexidade computacional pelo fato de enumerar todos os vértices viáveis da região viável do problema do seguidor, sendo posteriormente foi um teste, para verificação se é ou não um ponto da região viável do PLDNP.

O algoritmo se sustenta em dois Teoremas 1.2.3 e 1.2.4, e um Corolário 1.2.2 propostos por CAMPÊLO (1999, p. 17-18)

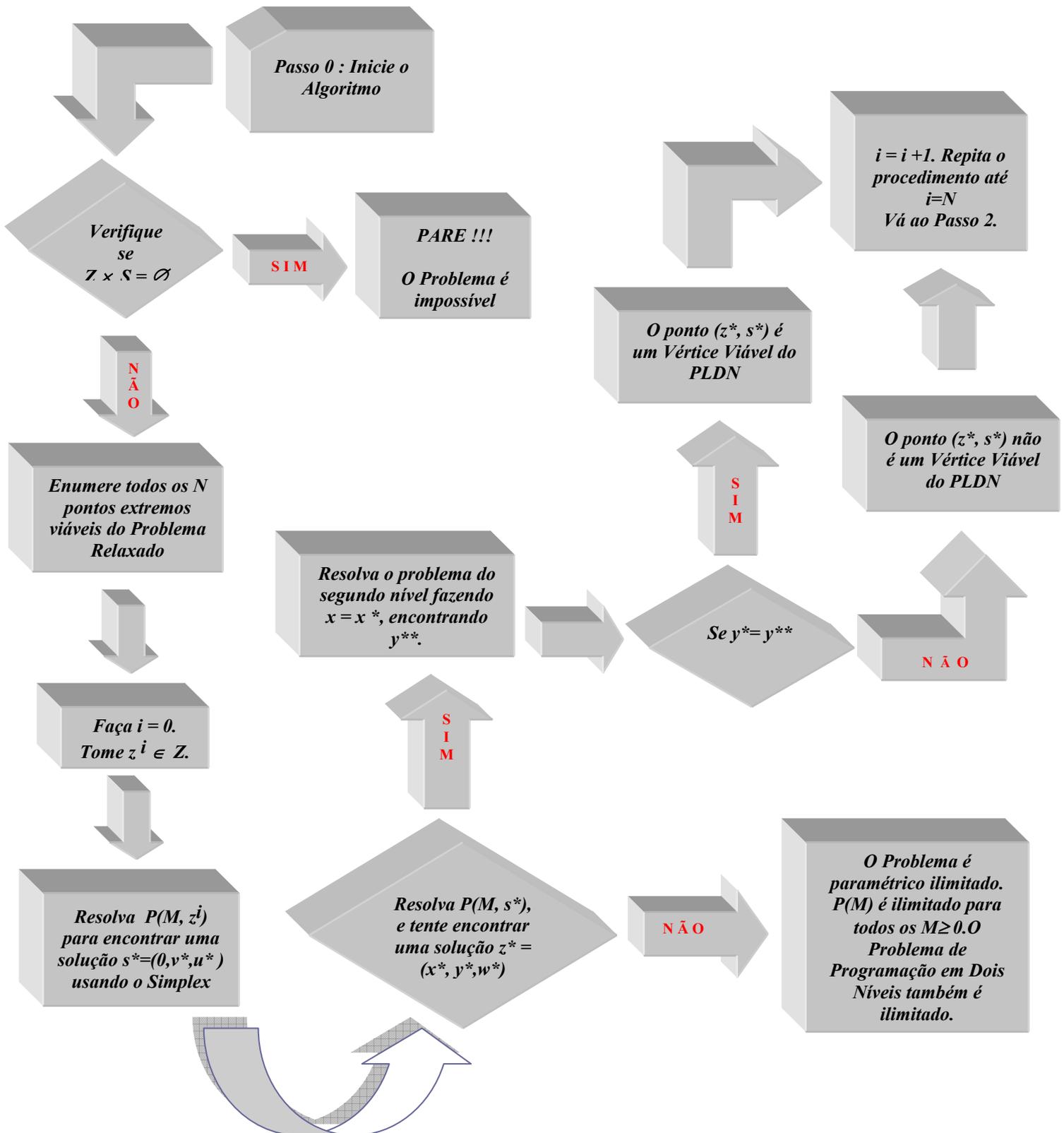
Teorema 1.2.3 : Se o PLDN tem solução, pelo menos uma delas é atingida em um ponto extremo do conjunto viável do Problema de Dois Níveis (...)

Teorema 1.2.4 : Todo ponto extremo do conjunto viável do Problema de Dois Níveis é um vértice do conjunto viável relaxado (...). Problema relaxado é o problema definido pela função objetivo do lide e todas as restrições do problema PLDN.

Corolário 1.2.2 : Se PLDN tem solução, pelo menos uma delas é atingida em um vértice do conjunto viável relaxado

Assim, pode-se observar que o Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis (AIVV) tem convergência finita, uma vez que o conjunto viável do problema relaxado tem definição de finitos números de restrições lineares. Porém, o número de vértices pode ser muito grande, aumentando assim a complexidade do problema, ou ainda inviabilizando sua aplicação. No entanto, para problemas em duas dimensões fornece grande ajuda à compreensão das dificuldades de uma resolução do problema de PLDN.

O fluxograma do Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis (AIVV) é descrito abaixo:



5.1.4 Abrangência da Implementação

A abrangência ou amplitude dessa implementação foca alguns aspectos, que limitarão tanto nossos problemas testes e suas características, bem como a implementação em si. Os aspectos são os seguintes:

- serão testados problemas que contenham apenas duas variáveis;
- os problemas abordados serão lineares, tanto a sua função objetivo, bem como as suas restrições e terão apenas dois níveis hierárquicos – assim o foco de otimização será a Programação Linear em Dois Níveis;
- os exemplos trabalhados terão uma solução finita, ou seja, terão a região viável possível determinada e limitada;
- a região viável das restrições do problema relaxado será convexa e não terá soluções básicas degeneradas;
- os problemas abordados serão de pequeno porte, apenas para efeito didático e acadêmico;
- o código fonte da implementação do Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis irá focar problemas de apenas duas variáveis, para efeito de representação geométrica visível;

5.2 IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO IDENTIFICADOR DE VÉRTICES VIÁVEIS (AIVV) EM \mathfrak{R}^2 USANDO MATLAB

O programa foi implementado de forma a explicar cada passo a ser executado pelo Algoritmo de Identificador de Vértices Viáveis (AIVV). Assim por exemplo, ele nos mostra: quais são as matrizes, vetores e parâmetros (número de restrições, as duas variáveis originais e as geradas para o Problema de Programação Linear em Dois Níveis) dos dados do problema, isto é, as entradas algébricas e também os desenhos das regiões viáveis de cada nível e do Problema de Programação Linear em Dois Níveis, como um todo.

Baseando-se assim em tais preceitos, a implementação foi desenvolvida e aplicada sobre os seguintes problemas testes, aos quais são descritos na próxima secção.

5.2.1 Resultados Computacionais

🚩 Problema Teste 1 - Proposto por DANTAS (1998, p.13) :

Min x, y $x + 4y$

s.a.: Min $y - y$

s.a.: $-x - y \leq -8$

$-3x + 2y \leq 6$

$3x + 4y \leq 48$

$2x - 5y \leq 9$

$3x + 2y \leq 36$

IMPLEMENTAÇÃO DO PROBLEMA LINEAR EM DOIS NÍVEIS

ALGORITMO IDENTIFICADOR DE VERTICES VIAVEIS

==> ENTRE COM OS DADOS DO PROBLEMA DE DOIS NÍVEIS

==> Entre com o NÚMERO DE VARIÁVEIS DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS : 2
 NVPPLDN = 2

==> Entre com o TIPO DE OTIMIZAÇÃO DO PRIMEIRO NÍVEL "min" ou "max" : 'min'
 TOPN = min

==> Entre com o NÚMERO DE VARIÁVEIS DO PRIMEIRO NÍVEL : 2
 NVPN = 2

==> Entre com o vetor da FUNÇÃO OBJETIVO DO PRIMEIRO NÍVEL [...]: [1 4]
 FOPN = 1 4

==> Entre com o TIPO DE OTIMIZAÇÃO DO SEGUNDO NÍVEL "min" ou "max" : 'min'
 TOSN = min

==> Entre com o NÚMERO DE VARIÁVEIS DO SEGUNDO NÍVEL : 1
 NVSN = 1

==> Entre com o vetor da FUNÇÃO OBJETIVO DO SEGUNDO NÍVEL [...]: [0 -1]
 FOSN = 0 -1

==> Entre com o vetor da MATRIZ DAS RESTRIÇÕES DO SEGUNDO NÍVEL [;...]: [-1 -1; -3 2; 3 4; 2 -5; 3 2]
 MRSN =
 -1 -1
 -3 2
 3 4
 2 -5
 3 2

==> Entre com a IGUALDADE OU A DESIGUALDADE RELACIONAL DO SEGUNDO NÍVEL : '<<<<<<'
 IDRSN = <<<<<<

==> Entre com o VALOR DO NÚMERO DE RESTRIÇÕES DO SEGUNDO NÍVEL: 5

VNRSN = 5

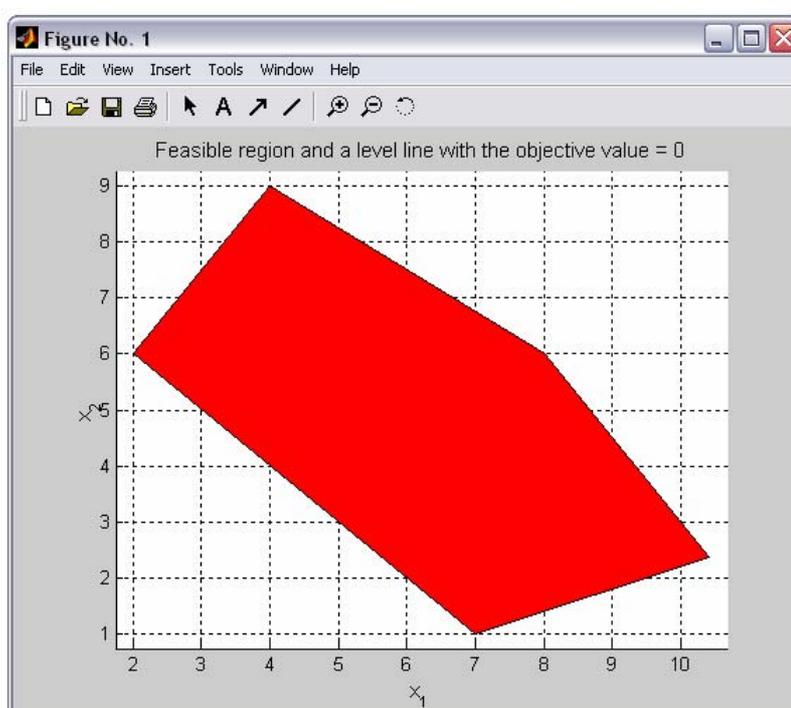
==> O vetor da MATRIZ DAS VARIÁVEIS DE FOLGA OU EXCESSO DO SEGUNDO NÍVEL:

MVFESN =
 1 0 0 0 0
 0 1 0 0 0
 0 0 1 0 0
 0 0 0 1 0
 0 0 0 0 1

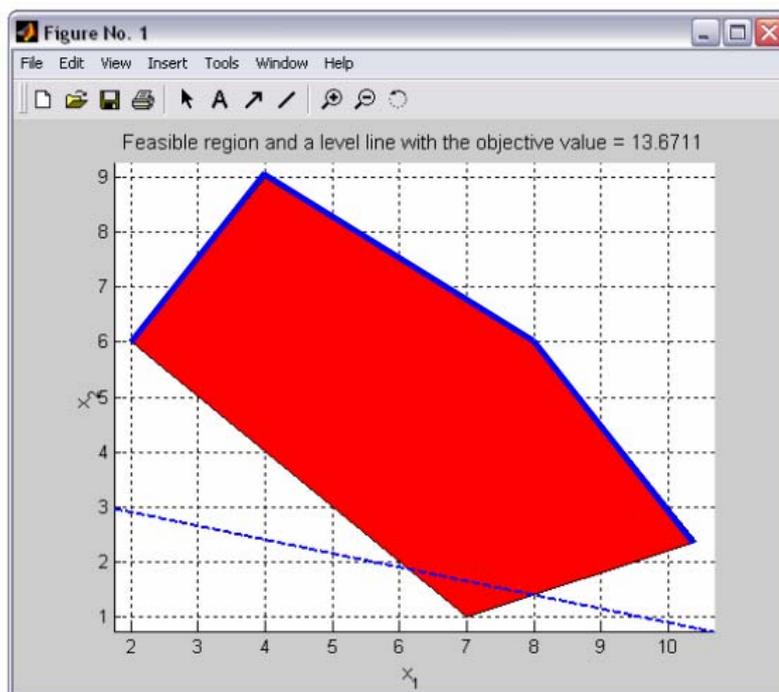
==> Entre com o vetor do LADO DIREITO DAS RESTRIÇÕES DO SEGUNDO NÍVEL [;...;]: [-8; 6; 48; 9; 36]

LDRSN =
 -8
 6
 48
 9
 36

==> A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS PARA O SEGUNDO NÍVEL É:



==> A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS:



==> A MATRIZ DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS É:

```

vert =
2.0000  4.0000  7.0000  8.0000  10.4211
6.0000  9.0000  1.0000  6.0000  2.3684
0        5.0000  0        6.0000  4.7895
0        0        25.0000  18.0000  32.5263
18.0000  0        23.0000  0        7.2632
35.0000  46.0000  0        23.0000  0
18.0000  6.0000  13.0000  0        0

```

==> OS PONTOS EXTREMOS DO PROBLEMA SÃO:

PEP =

```

2.0000  4.0000  7.0000  8.0000  10.4211
6.0000  9.0000  1.0000  6.0000  2.3684

```

==> AS DIREÇÕES EXTREMAS DO PROBLEMA SÃO:

DEP =

[]

==> AS MATRIZES COLUNA DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS SÃO:

VCSBP =

```

2
6
0
0
18
35
18

```

i = 1

VCSBP =

```

4.0000
9.0000
5.0000
0
0
46.0000
6.0000

```

i = 2

VCSBP =

```

7.0000
1.0000

```

0
 25.0000
 23.0000
 0
 13.0000

i = 3

VCSBP =
 8.0000
 6.0000
 6.0000
 18.0000
 0
 23.0000
 0

i = 4

VCSBP =
 10.4211
 2.3684
 4.7895
 32.5263
 7.2632
 0
 0

i = 5

TRANSFORMANDO O PROBLEMA NAS CONDIÇÕES DE KKT

AS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE PRIMAL DO PROBLEMA SÃO

==> A FUNÇÃO OBJETIVO DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE PRIMAL DO PROBLEMA SÃO:
 FOCVPP = 0 -1

==> A MATRIZ DE RESTRIÇÕES DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE PRIMAL DO PROBLEMA É:

MRCVPP =
 -1 -1
 -3 2
 3 4
 2 -5
 3 2

==> A IGUALDADE OU A DESIGUALDADE RELACIONAL DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE PRIMAL DO PROBLEMA É:
 IDRCVPP = <<<<<<

==> O LADO DIREITO DE RESTRIÇÕES DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE PRIMAL DO PROBLEMA É:

LDRCVPP =
 -8
 6
 48
 9
 36

AS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE DUAL DO PROBLEMA SÃO

==> A MATRIZ DE RESTRIÇÕES DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE DUAL DO PROBLEMA É:
 MRCVDP = -1 2 4 -5 2

==> A IGUALDADE OU A DESIGUALDADE RELACIONAL DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE DUAL DO PROBLEMA É:
 IDRCVDP = >

==> O LADO DIREITO DE RESTRIÇÕES DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE DUAL DO PROBLEMA É:
LDRCVDP = -1

==> O vetor " z ", $z=\{x,y,w(i)\}$ é respectivamente:

ans =
2
6
0
0
18
35
18

i = 1

As VARIÁVEIS DO PRIMEIRO NÍVEL SÃO :

VPN = 2

As VARIÁVEIS EXCLUSIVAS DO PRIMEIRO NÍVEL SÃO :

VEPN = 1

x = 2

As VARIÁVEIS DO SEGUNDO NÍVEL SÃO :

VSN = 1

As VARIÁVEIS EXCLUSIVAS DO SEGUNDO NÍVEL SÃO :

VESN = 1

y = 6

As VARIÁVEIS DE FOLGA SÃO :

w = 0 0 18 35 18

z = 2 6 0 0 18 35 18

==> O vetor " s ", $s=\{0,v,u(i)\}$ é respectivamente:

zero = 0

MVFECVDP = -1

==> A MATRIZ DAS VARIÁVEIS DE FOLGA OU EXCESSO DAS CONDIÇÕES DE VIABILIDADE DUAL DO PROBLEMA É:

MVFECVDP = -1

v = 1

u = 1 1 1 1 1

s = 0 1 1 1 1 1 1

==> Entre com o valor da penalidade " M ", se TOPN = "max", então -M, senao se TOPN = "min" então M : 1000

M = 1000

Para o vetor " z (primal) fixo " pertencente a " Z ", temos:

Const = 26

Z = 26 0 0 0 18000 35000 18000 6000

Z = 0 0 0 18000 35000 18000 6000

Ds = 0 -1 2 4 -5 2 -1

Ds = 0 1 -2 -4 5 -2 1

LDRCVDP = 1

type = min

c = 0 0 0 18000 35000 18000 6000

A = 0 1 -2 -4 5 -2 1

b = 1

Entre com o operador relacional de igualdade " = " que tenha o mesmo numero de linhas da matriz A : '='

rel = '='



Initial tableau

A =

0	1	-2	-4	5	-2	1	1	1
0	0	0	18000	35000	18000	6000	0	0
0	-1	2	4	-5	2	-1	0	-1

Press any key to continue ...

pivot row-> 1 pivot column-> 2

Tableau 1

A =

0	1	-2	-4	5	-2	1	1	1
0	0	0	18000	35000	18000	6000	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0

Press any key to continue ...

End of Phase 1



Tableau 1

A =

0	1	-2	-4	5	-2	1	1	1
0	0	0	18000	35000	18000	6000	0	0

Press any key to continue ...

End of Phase 2



Problem has a finite optimal solution

Values of the legitimate variables:

x(1)= 0.000000
 x(2)= 1.000000
 x(3)= 0.000000
 x(4)= 0.000000
 x(5)= 0.000000
 x(6)= 0.000000
 x(7)= 0.000000

Objective value at the optimal point:

z= 0.000000

Para o vetor "s (dual) fixo" pertencente a "S", temos:

Entre com o vetor nulo:0

nulo = 0

Entre com o vetor u(i) [;...;]:[1 0 0 0]

u = 1 0 0 0 0

Entre com o vetor v [;...;]:0

v = 0

w = 1 1 1 1 1

S = 1 4 1000 0 0 0 0 0

Az =

-1	-1	1	0	0	0	0	0
-3	2	0	1	0	0	0	0
3	4	0	0	1	0	0	0

```

2 -5 0 0 0 1 0
3 2 0 0 0 0 1

```

type = min

```
c = 1 4 1000 0 0 0 0 0
```

A =

```

-1 -1 1 0 0 0 0
-3 2 0 1 0 0 0
3 4 0 0 1 0 0
2 -5 0 0 0 1 0
3 2 0 0 0 0 1

```

b =

```

-8
6
48
9
36

```

Entre com o operador relacional de igualdade "=" que tenha o mesmo numero de linhas da matriz A : '====='
rel = '====='

Initial tableau

A =

Columns 1 through 11

```

-1 -1 1 0 0 0 0 1 0 0 0
-3 2 0 1 0 0 0 0 1 0 0
3 4 0 0 1 0 0 0 0 1 0
2 -5 0 0 0 1 0 0 0 0 1
3 2 0 0 0 0 1 0 0 0 0
1 4 1000 0 0 0 0 0 0 0 0
-4 -2 -1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0

```

Columns 12 through 13

```

0 -8
0 6
0 48
0 9
1 36
0 0
0 -91

```

Press any key to continue ...

pivot row-> 4 pivot column-> 1

Tableau 1

A =

1.0e+003 *

```

0 -0.0035 0.0010 0 0 0.0005 0 0.0010 0 0 0.0005 0 -0.0035
0 -0.0055 0 0.0010 0 0.0015 0 0 0.0010 0 0.0015 0 0.0195
0 0.0115 0 0 0.0010 -0.0015 0 0 0 0.0010 -0.0015 0 0.0345
0.0010 -0.0025 0 0 0 0.0005 0 0 0 0 0.0005 0 0.0045
0 0.0095 0 0 0 -0.0015 0.0010 0 0 0 -0.0015 0.0010 0.0225
0 0.0065 1.0000 0 0 -0.0005 0 0 0 0 -0.0005 0 -0.0045
0 -0.0120 -0.0010 -0.0010 -0.0010 0.0010 -0.0010 0 0 0 0.0020 0 -0.0730

```

Press any key to continue ...

pivot row-> 5 pivot column-> 2

Tableau 2

A =

1.0e+003 *

```

0 0 0.0010 0 0 -0.0001 0.0004 0.0010 0 0 -0.0001 0.0004 0.0048
0 0 0 0.0010 0 0.0006 0.0006 0 0.0010 0 0.0006 0.0006 0.0325
0 0 0 0 0.0010 0.0003 -0.0012 0 0 0.0010 0.0003 -0.0012 0.0073
0.0010 0 0 0 0 0.0001 0.0003 0 0 0 0.0001 0.0003 0.0104
0 0.0010 0 0 0 -0.0002 0.0001 0 0 0 -0.0002 0.0001 0.0024
0 0 1.0000 0 0 0.0005 -0.0007 0 0 0 0.0005 -0.0007 -0.0199
0 0 -0.0010 -0.0010 -0.0010 -0.0009 0.0003 0 0 0 0.0001 0.0013 -0.0446

```

Press any key to continue ...

pivot row-> 1 pivot column-> 3

Tableau 3

A =

1.0e+003 *

0	0	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0048
0	0	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0.0325
0	0	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0.0073
0.0010	0	0	0	0	0.0001	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0104
0	0.0010	0	0	0	-0.0002	0.0001	0	0	0	-0.0002	0.0001	0.0024
0	0	0	0	0	0.0532	-0.3691	-1.0000	0	0	0.0532	-0.3691	-4.8094
0	0	0	-0.0010	-0.0010	-0.0009	0.0006	0.0010	0	0	0.0001	0.0016	-0.0398

Press any key to continue ...

pivot row-> 2 pivot column-> 4

Tableau 4

A =

1.0e+003 *

0	0	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0048
0	0	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0.0325
0	0	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0.0073
0.0010	0	0	0	0	0.0001	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0104
0	0.0010	0	0	0	-0.0002	0.0001	0	0	0	-0.0002	0.0001	0.0024
0	0	0	0	0	0.0532	-0.3691	-1.0000	0	0	0.0532	-0.3691	-4.8094
0	0	0	0	-0.0010	-0.0003	0.0012	0.0010	0.0010	0	0.0007	0.0022	-0.0073

Press any key to continue ...

pivot row-> 3 pivot column-> 5

Tableau 5

A =

1.0e+003 *

0	0	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0048
0	0	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0.0325
0	0	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0.0073
0.0010	0	0	0	0	0.0001	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0104
0	0.0010	0	0	0	-0.0002	0.0001	0	0	0	-0.0002	0.0001	0.0024
0	0	0	0	0	0.0532	-0.3691	-1.0000	0	0	0.0532	-0.3691	-4.8094
0	0	0	0	0	0.0000	0	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0

Press any key to continue ...

End of Phase 1

Tableau 1

A =

1.0e+003 *

0	0	0.0010	0	0	-0.0001	0.0004	0.0048
0	0	0	0.0010	0	0.0006	0.0006	0.0325
0	0	0	0	0.0010	0.0003	-0.0012	0.0073
0.0010	0	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0104
0	0.0010	0	0	0	-0.0002	0.0001	0.0024
0	0	0	0	0	0.0532	-0.3691	-4.8094

Press any key to continue ...

pivot row-> 1 pivot column-> 7

Tableau 2

A =

1.0e+003 *

0	0	0.0027	0	0	-0.0001	0.0010	0.0130
0	0	-0.0016	0.0010	0	0.0007	0	0.0250
0	0	0.0033	0	0.0010	0.0001	0	0.0230
0.0010	0	-0.0007	0	0	0.0001	0	0.0070
0	0.0010	-0.0003	0	0	-0.0001	0	0.0010
0	0	1.0019	0	0	0.0004	0	-0.0110

Press any key to continue ...

End of Phase 2

Problem has a finite optimal solution

Values of the legitimate variables:

x(1)= 7.000000
x(2)= 1.000000
x(3)= 0.000000
x(4)= 25.000000
x(5)= 23.000000
x(6)= 0.000000
x(7)= 13.000000

Objective value at the optimal point:

z= 11.000000

Entre com o vetor x [;...;]:7

x = 7

Entre com o vetor y [;...;]:1

y = 1

Entre com o vetor w(i) [;...;]:[0 25 23 0 13]

w = 0 25 23 0 13

zfixo = 0 0 1 0 0 0 0

sfixo = 7 1 0 25 23 0 13

%%%% AS CONDIÇÕES DE COMPLEMENTARIDADE DO PROBLEMA SÃO %%%
%%
%%
%%

==> AS CONDIÇÕES DE COMPLEMENTARIDADES DO PROBLEMA SÃO SATISFEITAS !!!

==> A FUNÇÃO OBJETIVO DO SEGUNDO NÍVEL E:

FOSN = 0 -1

==> A PARCELA DA FUNÇÃO OBJETIVO EXCLUSIVA DO SEGUNDO NÍVEL:

PFOESN = -1

==> A PARCELA DA FUNÇÃO OBJETIVO NÃO EXCLUSIVA DO SEGUNDO NÍVEL:

PFONESN = 0

==> A MATRIZ DAS RESTRICÕES DO SEGUNDO NÍVEL E:

MRSN =

-1	-1
-3	2
3	4
2	-5
3	2

==> A PARCELA DA MATRIZ DAS RESTRICÕES EXCLUSIVAS DO SEGUNDO NÍVEL E:

PMRESN =

-1
2
4
-5
2

==> A PARCELA DA MATRIZ DAS RESTRICÕES NÃO EXCLUSIVAS DO SEGUNDO NÍVEL E:

PMRNESN =

-1
-3

3
2
3

==> A PARCELA DO VALOR OTIMO DA FUNÇÃO OBJETIVO DO PRIMEIRO NÍVEL E:
PVOFOPN = 7

==> O LADO DIREITO DAS RESTRICOES EXCLUSIVAS DO SEGUNDO NÍVEL PARA AS CONDICÕES DE OTIMALIDADE
SAO:

LDRSNPCO =
-7
-21
21
14
21

bLDRSNPCO =
-1
27
27
-5
15

b =
-1
27
27
-5
15

type = min

c = -1

A =
-1
2
4
-5
2

rel = <<<<<<

Initial tableau

A =
-1 1 0 0 0 0 -1
2 0 1 0 0 0 27
4 0 0 1 0 0 27
-5 0 0 0 1 0 -5
2 0 0 0 0 1 15
-1 0 0 0 0 0 0

Press any key to continue ...

pivot row-> 3 pivot column-> 1

Tableau 1

A =
0 1.0000 0 0.2500 0 0 5.7500
0 0 1.0000 -0.5000 0 0 13.5000
1.0000 0 0 0.2500 0 0 6.7500
0 0 0 1.2500 1.0000 0 28.7500
0 0 0 -0.5000 0 1.0000 1.5000
0 0 0 0.2500 0 0 6.7500

Press any key to continue ...

End of Phase 1

Problem has a finite optimal solution
Values of the legitimate variables:

x(1)= 6.750000

Objective value at the optimal point:

z= -6.750000

Entre com o VALOR OTIMO DO SEGUNDO NIVEL [;...;]:6.75
VOSN = 6.7500

ans = ITERAÇÃO " 1 "

==> NÃO ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (2 , 6)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (7 , 1), QUE NAO E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 11

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -1

(...)

ans = ITERAÇÃO " 2 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (4 , 9)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (2 , 6), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 26

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -6

(...)

ans = ITERAÇÃO " 3 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (7 , 1)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (8 , 6), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 32

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -6

(...)

ans = ITERAÇÃO " 4 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (8.000000e+000 , 6)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (8 , 6), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 32

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -6

(...)

ans = ITERAÇÃO " 5 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (1.042105e+001 , 2.368421e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (1.042110e+001 , 2.368400e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 1.989470e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -2.368400e+000

Dessa forma, observa-se que esse algoritmo obtém todos os pontos extremos da região viável do problema estendido em primeira mão, sendo que após as rodadas, e fazendo uso de seus procedimentos, ele obtém os pontos da região viável do PLDNP, aos quais após uma análise refinada possa servir de ponto de partida para achar uma solução para o Problema Linear de Dois Níveis.

Verifica-se que o ponto (10.4211, 2.3684) após uma análise do problema detalhada do problema é o ótimo global do problema de dois níveis, pois as funções objetivos do primeiro e do segundo nível encontram seu valor mínimo com esse respectivo ponto.

Outros problemas foram testados com intuito de se mostrar a eficácia da Implementação do Algoritmo Identificador de Vértices Viáveis. Os resultados a seguir demonstram tal afirmação:

✚ Problema Teste 2:

$$\text{Min}_{x,y} 3x + 5y$$

s.a.

$$\text{Min}_y - 2y$$

s.a.:

$$-1/2 x - 1/2 y \leq -4$$

$$-3/2x + y \leq 3$$

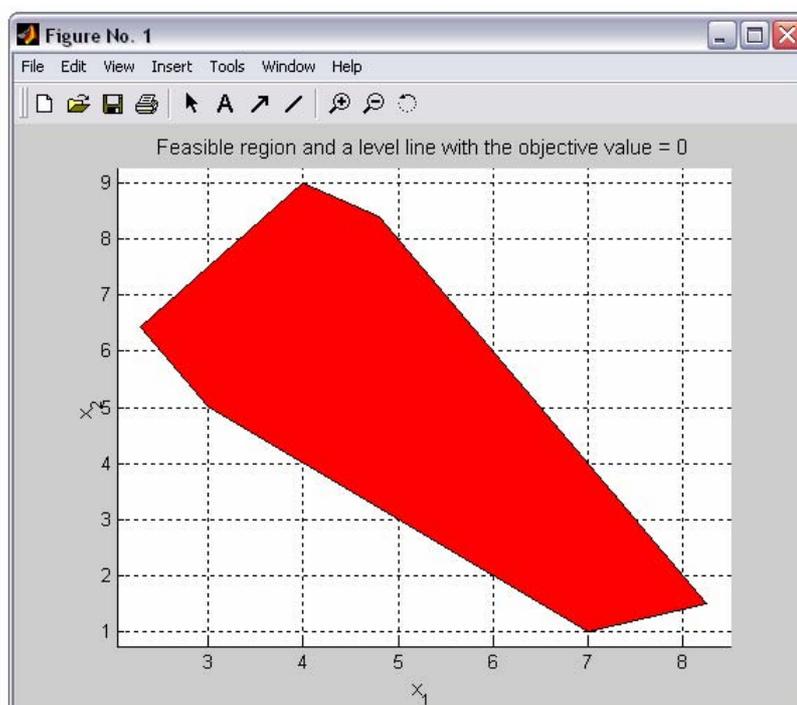
$$3/2x + 2y \leq 24$$

$$x - 5/2y \leq 9/2$$

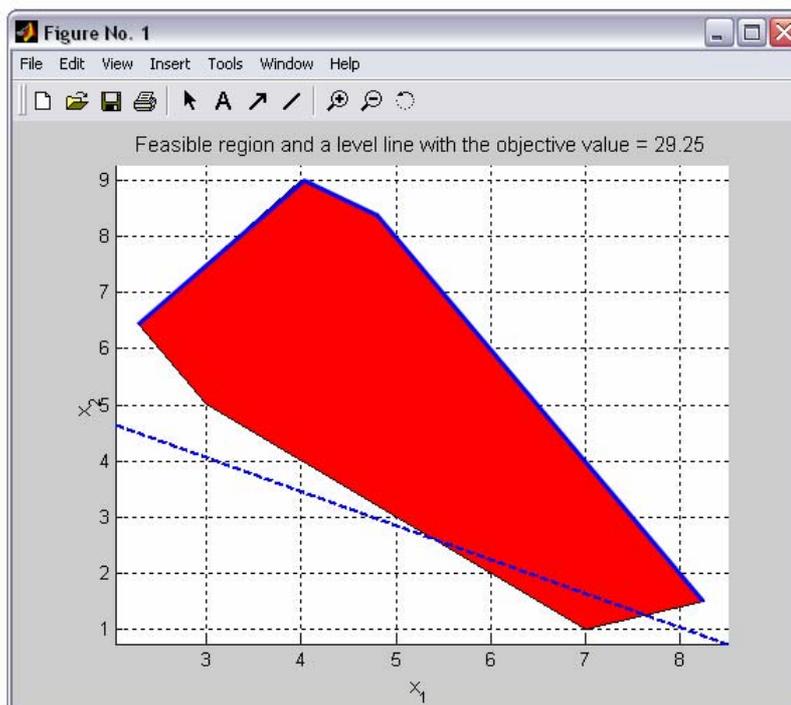
$$2x + y \leq 18$$

$$-2x - y \leq -11$$

⇒ A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS PARA O SEGUNDO NÍVEL É:



⇒ A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS:



==> A MATRIZ DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS É:

vert =

2.2857	3.0000	4.0000	4.8000	7.0000	8.2500
6.4286	5.0000	9.0000	8.4000	1.0000	1.5000
0.3571	0	2.5000	2.6000	0	0.8750
0	2.5000	0	1.8000	12.5000	13.8750
7.7143	9.5000	0	0	11.5000	8.6250
18.2857	14.0000	23.0000	20.7000	0	0
7.0000	7.0000	1.0000	0	3.0000	0
0	0	6.0000	7.0000	4.0000	7.0000

==> OS PONTOS EXTREMOS DO PROBLEMA SÃO:

PEP =

2.2857	3.0000	4.0000	4.8000	7.0000	8.2500
6.4286	5.0000	9.0000	8.4000	1.0000	1.5000

==> AS MATRIZES COLUNA DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS SÃO:

| VCSBP = |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2.2857 | 3.0000 | 4.0000 | 4.8000 | 7.0000 | 8.2500 |
| 6.4286 | 5.0000 | 9.0000 | 8.4000 | 1.0000 | 1.5000 |
| 0.3571 | 0 | 2.5000 | 2.6000 | 0 | 0.8750 |
| 0 | 2.5000 | 0 | 1.8000 | 12.5000 | 13.8750 |
| 7.7143 | 9.5000 | 0 | 0 | 11.5000 | 8.6250 |
| 18.2857 | 14.0000 | 23.0000 | 20.7000 | 0 | 0 |
| 7.0000 | 7.0000 | 1.0000 | 0 | 3.0000 | 0 |
| 0 | 0 | 6.0000 | 7.0000 | 4.0000 | 7.0000 |
| i = 1 | i = 2 | i = 3 | i = 4 | i = 5 | i = 6 |

ITERAÇÃO " 1 "

==> NÃO ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (2.285714e+000 , 6.428571e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (3 , 5), QUE NÃO É UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NÍVEL É : 34

ans = O VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NÍVEL É : -10

ITERAÇÃO " 2 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (3 , 5.000000e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (2.285700e+000 , 6.428600e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 3.900010e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -1.285720e+001

ITERAÇÃO " 3 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (4.000000e+000 , 9)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (2.285700e+000 , 6.428600e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 3.900010e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -1.285720e+001

ITERAÇÃO " 4 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (4.800000e+000 , 8.400000e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (4.800000e+000 , 8.400000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 5.640000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -1.680000e+001

ITERAÇÃO " 5 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (7 , 1)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (8.250000e+000 , 1.500000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 3.225000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -3

ITERAÇÃO " 6 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (8.250000e+000 , 1.500000e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (8.250000e+000 , 1.500000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 3.225000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -3

🚩 Problema Teste 3:

$$\text{Min}_{x,y} 2x + 5y$$

s.a. :

$$\text{Min}_y x - 2y$$

$$\text{s.a. } -1/2 x - 1/2 y \leq -1$$

$$-3/2 x + 2y \leq 2$$

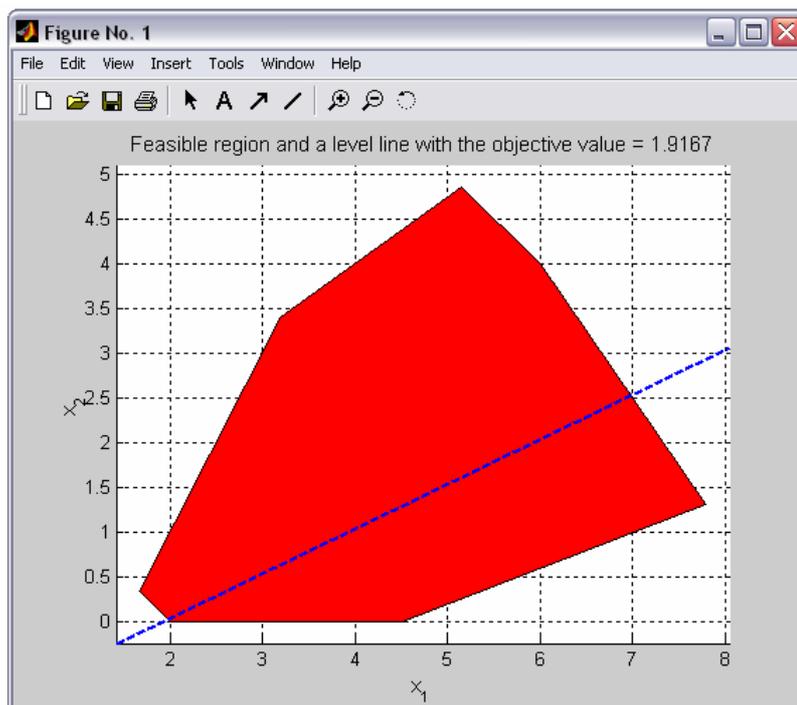
$$2x + 2y \leq 20$$

$$x - 5/2 y \leq 9/2$$

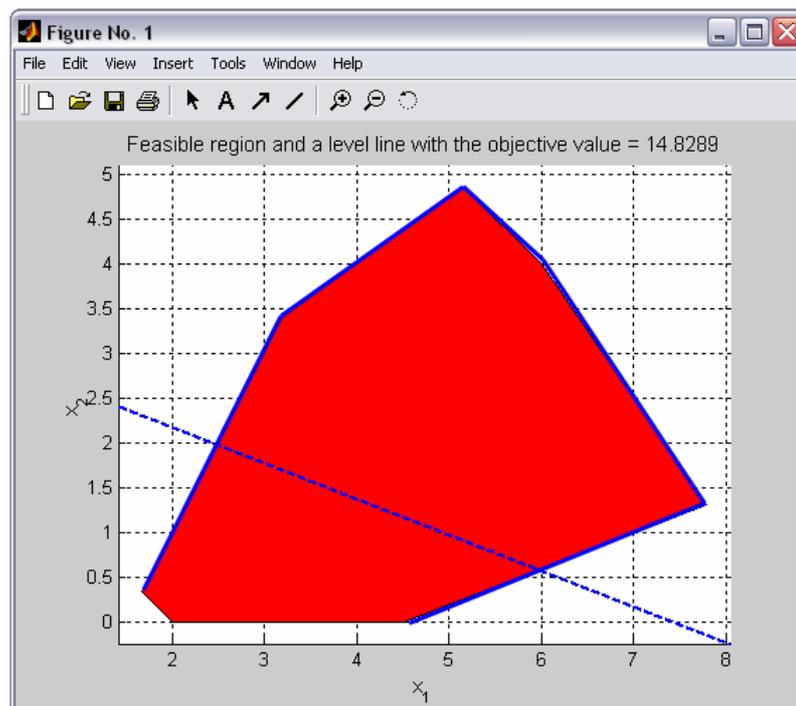
$$3/2 x + y \leq 13$$

$$-2x + y \leq -3$$

==> A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS PARA O SEGUNDO NÍVEL É:



==> A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS:



==> A MATRIZ DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS É:

vert =

1.6667	2.0000	3.2000	4.5000	5.1429	6.0000	7.7895
0.3333	0	3.4000	0	4.8571	4.0000	1.3158
0	0	2.3000	1.2500	4.0000	4.0000	3.5526
3.8333	5.0000	0	8.7500	0	3.0000	11.0526
16.0000	16.0000	6.8000	11.0000	0	0	1.7895
3.6667	2.5000	9.8000	0	11.5000	8.5000	0
10.1667	10.0000	4.8000	6.2500	0.4286	0	0
0	1.0000	0	6.0000	2.4286	5.0000	11.2632

==> OS PONTOS EXTREMOS DO PROBLEMA SÃO:

PEP =

1.6667 2.0000 3.2000 4.5000 5.1429 6.0000 7.7895
0.3333 0 3.4000 0 4.8571 4.0000 1.3158

==> AS MATRIZES COLUNA DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS SÃO:

| VCSBP = |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.6667 | 2.0000 | 3.2000 | 4.5000 | 5.1429 | 6.0000 | 7.7895 |
| 0.3333 | 0 | 3.4000 | 0 | 4.8571 | 4.0000 | 1.3158 |
| 0 | 0 | 2.3000 | 1.2500 | 4.0000 | 4.0000 | 3.5526 |
| 3.8333 | 5.0000 | 0 | 8.7500 | 0 | 3.0000 | 11.0526 |
| 16.0000 | 16.0000 | 6.8000 | 11.0000 | 0 | 0 | 1.7895 |
| 3.6667 | 2.5000 | 9.8000 | 0 | 11.5000 | 8.5000 | 0 |
| 10.1667 | 10.0000 | 4.8000 | 6.2500 | 0.4286 | 0 | 0 |
| 0 | 1.0000 | 0 | 6.0000 | 2.4286 | 5.0000 | 11.2632 |
| i = 1 | i = 2 | i = 3 | i = 4 | i = 5 | i = 6 | i = 7 |

ITERAÇÃO " 1 "

==> NÃO ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (1.666667e+000 , 3.333333e-001)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (2 , 0), QUE NAO E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 4

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : 2

ITERAÇÃO " 2 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (2 , 0)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (1.666700e+000 , 3.333000e-001), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 4.999900e+000

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : 1.000100e+000

ITERAÇÃO " 3 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (3.200000e+000 , 3.400000e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (3.200000e+000 , 3.400000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 2.340000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -3.600000e+000

ITERAÇÃO " 4 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (4.500000e+000 , 0)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (3.200000e+000 , 3.400000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 2.340000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -3.600000e+000

ITERAÇÃO " 5 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (5.142857e+000 , 4.857143e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (3.200000e+000 , 3.400000e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 2.340000e+001

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -3.600000e+000

ITERAÇÃO " 6 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (6 , 4)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (6 , 4), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 32

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -2

ITERAÇÃO " 7 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (7.789474e+000 , 1.315789e+000)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (7.789500e+000 , 1.315800e+000), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 2.215800e+001
 ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : 5.157900e+000

🚩 Problema Teste 4 :

$$\text{Min}_{x,y} 2x - y$$

s.a. :

$$\text{Min}_y x - 10y$$

$$\text{s.a. } -x - 2y \leq -6$$

$$3x - 4y \leq 18$$

$$4x + y \leq 43$$

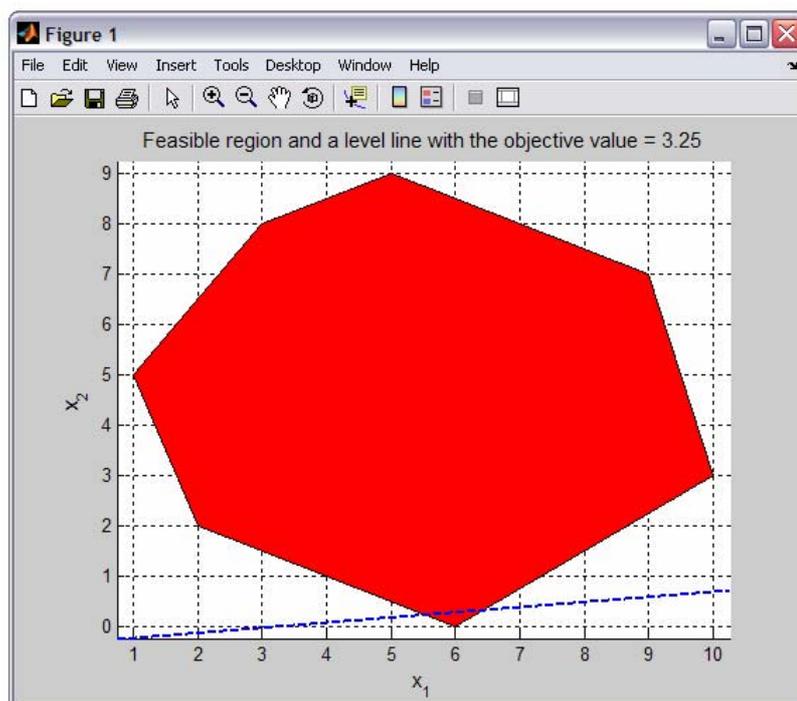
$$x + 2y \leq 23$$

$$-x + 2y \leq 13$$

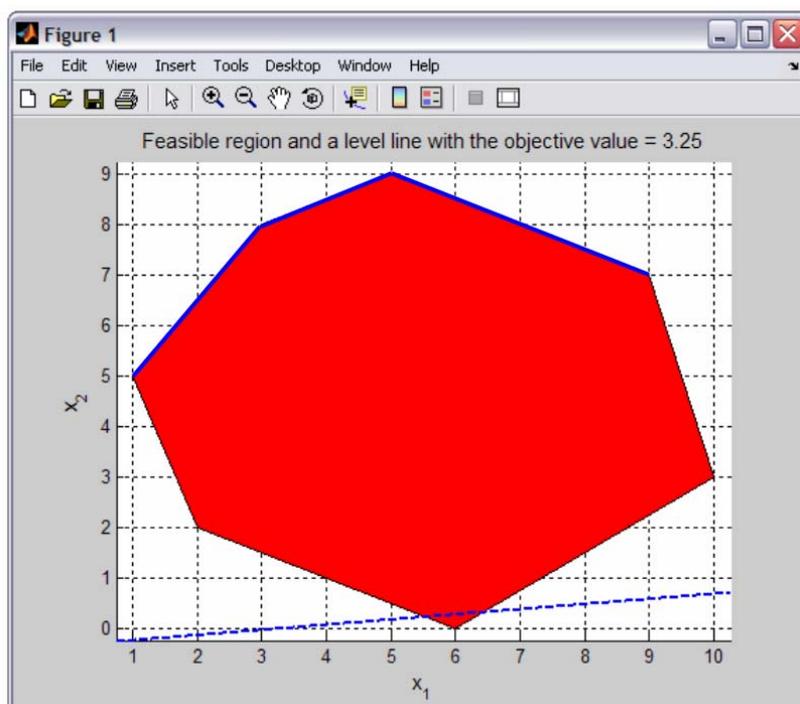
$$-3x + 2y \leq 7$$

$$-3x - y \leq -8$$

⇒ A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS PARA O SEGUNDO NÍVEL É:



⇒ A REGIÃO VIÁVEL DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM DOIS NÍVEIS:



==> A MATRIZ DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS É:

vert =

1.0000	2.0000	3.0000	5.0000	6.0000	9.0000	10.0000
5.0000	2.0000	8.0000	9.0000	0	7.0000	3.0000
5.0000	0	13.0000	17.0000	0	17.0000	10.0000
35.0000	20.0000	41.0000	39.0000	0	19.0000	0
34.0000	33.0000	23.0000	14.0000	19.0000	0	0
12.0000	17.0000	4.0000	0	17.0000	0	7.0000
4.0000	11.0000	0	0	19.0000	8.0000	17.0000
0	9.0000	0	4.0000	25.0000	20.0000	31.0000
0	0	9.0000	16.0000	10.0000	26.0000	25.0000

==> OS PONTOS EXTREMOS DO PROBLEMA SÃO:

PEP =

1	2	3	5	6	9	10
5	2	8	9	0	7	3

==> AS MATRIZES COLUNA DAS SOLUÇÕES BÁSICAS POSSÍVEIS SÃO:

| VCSBP = |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.0000 | 2.0000 | 3.0000 | 5.0000 | 6 | 9.0000 | 10 |
| 5.0000 | 2.0000 | 8.0000 | 9.0000 | 0 | 7.0000 | 3 |
| 5.0000 | 0 | 13.0000 | 17.0000 | 0 | 17.0000 | 10 |
| 35.0000 | 20.0000 | 41.0000 | 39.0000 | 0 | 19.0000 | 0 |
| 34.0000 | 33.0000 | 23.0000 | 14.0000 | 19 | 0 | 0 |
| 12.0000 | 17.0000 | 4.0000 | 0 | 17 | 0 | 7 |
| 4.0000 | 11.0000 | 0 | 0 | 19 | 8.0000 | 17 |
| 0 | 9.0000 | 0 | 4.0000 | 25 | 20.0000 | 31 |
| 0 | 0 | 9.0000 | 16.0000 | 10 | 26.0000 | 25 |
| i = 1 | i = 2 | i = 3 | i = 4 | i = 5 | i = 6 | i = 7 |

ITERAÇÃO " 1 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!

ans = PARTIMOS DO PONTO : (1 , 5)

ans = CHEGAMOS NO PONTO (1 , 5), QUE É UM VERTICE VIÁVEL :

ans = O VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NÍVEL É : -3

ans = O VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NÍVEL É : -49

ITERAÇÃO " 2 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (2 , 2)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (1 , 5), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : -3
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -49

ITERAÇÃO " 3 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (3 , 8)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (3 , 8), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : -2
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -77

ITERAÇÃO " 4 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (5 , 9)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (5 , 9), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 1
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -85

ITERAÇÃO " 5 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (6 , 0)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (5 , 9), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 1
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -85

ITERAÇÃO " 6 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (9 , 7)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (9 , 7), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 11
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -61

ITERAÇÃO " 7 "

==> ESTAMOS EM UM VERTICE VIÁVEL !!!
ans = PARTIMOS DO PONTO : (10 , 3)
ans = CHEGAMOS NO PONTO (9 , 7), QUE E UM VERTICE VIÁVEL :
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O PRIMEIRO NIVEL E : 11
ans = O VALOR DA FUNCAO OBJETIVO PARA O SEGUNDO NIVEL E : -61

6. CONCLUSÕES E FUTURAS PROPOSTAS DE PESQUISA

6.1 CONCLUSÕES

Conclui-se então que um modelo de Programação Linear em Dois Níveis tem características que representam muito bem os processos encadeados ou multiescalonados. As soluções calculadas para estes modelos mostram excelentes resultados, além de refletir melhor a presença de uma hierarquia organizacional.

Seu foco de otimização é de natureza holística, isto é, busca um valor ótimo que seja a melhor a toda uma Cadeia Sinérgica Empresarial. Assim buscando o ótimo em uma hierarquia organizacional, faz com que as empresas estejam cada vez mais engajadas em seus propósitos, além de motivadas, proporcionando assim satisfação mútua, tanto do público fornecedor, do produtor, bem como do consumidor.

É importante observar que essa abordagem processual de otimização sistêmica busca gerar um valor ótimo que seja global, ou seja, um valor que não satisfaça somente um certo nível da Cadeia de Suprimentos, mais sim a todos os níveis dessa hierarquia. Esse processo de otimização da cadeia tem seu foco centrado em questões importantes, tais como: hierarquia organizacional, decisão de um nível hierárquico parametrizadas pelas variáveis de um e/ou outros níveis, variáveis compartilhadas por diversos níveis, etc.

Pode-se observar também através de pesquisas bibliográficas, como foi explicitado no Capítulo 4, que foram identificados trabalhos que apresentaram os fundamentos da Programação Multinível e/ou Programação em Dois Níveis, que foi estudada de forma conceitual, teórica e prática pelos seus respectivos autores.

Esses estudos vislumbram, de um lado, um entendimento teórico, e de outro, um prático, relacionado ao assunto que motivou a dissertação que é a busca de uma otimização de estoques e/ou inventários diversos, embutidos em uma estrutura disposta em múltiplos escalões hierárquicos, sendo que essa busca de uma solução de problemas de otimização multiescalonados, envolve a participação dos níveis de tomada de decisão inseridos em uma estrutura hierárquica de poder ou influência, e tem por meta a compatibilização das decisões e objetivos de cada nível hierárquico, dispostos em uma Cadeia sinérgica. Baseando assim em tais preceitos, observa-se

que é possível um processo de otimização Multinível e/ou em particular em Dois Níveis, em uma Cadeia de Suprimentos de Estoques.

Foi também realizado neste trabalho uma implementação computacional de um algoritmo usado para busca de candidatos a uma solução ótima de um Problema Programação Linear em Dois Níveis implementado em Matlab 6, e abordando exemplos acadêmicos usados na Literatura com o intuito de se obter um resultado numérico.

A implementação se mostrou bastante eficaz no que cerne a busca dos vértices viáveis do problema PLDNP, a qual seria um ponto de partida para solução ótima do Problema Linear de Dois Níveis. Assim, conclui-se que é possível fazer uma modelagem da Cadeia de Suprimentos de Estoques, fazendo uso da Programação Multinível e/ou Programação em Dois Níveis, ao qual com a implementação computacional do método de pontos de equilíbrio para um grande número de itens de estoque, obterá valores que, após uma análise posterior mais refinada possam ser considerados ótimos locais ou globais.

6.2 FUTURAS PROPOSTAS DE PESQUISA

Como futuras propostas de pesquisas pode-se propor a criação de um modelo de Programação em Dois Níveis, Três Níveis ou até mesmo Multinível, aplicados a Cadeia de Suprimentos de Estoques em estudos de caso.

Pesquisas de algoritmos exatos para problemas de Programação Linear Multinível. Pesquisas sobre a ligação entre Programação Multi-Objetivo e a Programação Multinível, além de misturar variáveis Inteiras e restrições Não-Lineares com a definição de Problemas de Programação Linear em Dois Níveis, como forma de refino dos processos de modelagem e dos resultados computacionais.

O uso de algoritmos híbridos e/ou modificados, e as Meta-Heurísticas, tais como a busca tabu, por exemplo, também podem se tornar bastante eficientes, quando se busca uma solução ainda mais refinada, principalmente no que concerne a problemas de grande porte, ao qual a complexidade é muito elevada, ou quando a otimização combinatória é ineficaz a nível computacional e prático. Assim, pode-se observar que no ramo da otimização existe uma série de fatores, métodos e

vertentes de otimização que podem ser usados para modelar e otimizar tanto a Cadeia de Suprimentos de Estoques, bem com outros segmentos do conhecimento humano, que focam a hierarquia como processo decisório.

REFERÊNCIAS

ACCESSTAGE S/A. Disponível em: <http://www.accesstage.com.br/faq.htm> . Acessado em: 26/03/2005, 2005.

ALMEIDA, Renilda Ouro de. **BSC Novos Indicadores Empresariais**. Gazeta Mercantil/28 de Dezembro de 1999, pg 02, 1999. Disponível em: <http://www.perspectivas.com.br/bscga.htm>. Acessado em: 19/04/2005.

ALMEIRA, Daniela; LOURENÇO, Paulo; PINTO, Sandrina. **Programação Linear**. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra: Departamento de Matemática, 2003. Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~mcag/FEA2004/Programacao%20Linear.pdf> .Acessado em: 22/01/2005.

AMADO FILHO, Gildasio. **O Sistema de Gestão Estratégica “Balanced Scorecard” em uma Instituição de Pesquisa Tecnológica Pública**: Estudo do Caso Instituto de Engenharia Nuclear. Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão pela Qualidade Total da Universidade Federal Fluminense.Niterói, 2001. Disponível em: http://www.abipti.org.br/unidades/unid_rev/monog-gildasio.PDF, Acessado em: 15/03/2005.

AMARAL, J.L. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: Uma visão ampliada da empresa.Disponível em: http://www.qualilog.com/noticias_eventos/images/gerenciamento_da_cadeiasuprimentos.pdf , 2003. Acessado em: 15/04/2005.

ARIMA, S.; BATTAGLIA, A. **Logística Reversa**: Da terra para a terra, uma visão do ciclo total, 2002. Disponível em: <http://www.tecnologista.com.br/site/5%2C1%2C26%2C2074.asp> e <http://www.foconet.com.br/adCmsDocumentoShow.aspx?Documento=377>>. Acessado em: 08/01/2005.

_____. **Logística Reversa**: Da terra para a terra, uma visão do ciclo total: 2ª Parte, 2002. Disponível em:<<http://www.tecnologista.com.br/site/5%2C1%2C26%2C2328.asp> >. Acessado em: 09/01/2005.

BIALAS, Wayne F. **Multilevel Optimization, and Multilevel Programming and Bilevel Programming**. University at Buffalo: Department of Industrial Engineering, 2005. Disponível em: http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/info/whatis_x.html. Acessado: 10/08/2004.

_____. **Multilevel Optimization**: Some ideas for further study in multilevel optimization. University at Buffalo: Department of Industrial Engineering, 2005. Disponível em: http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/info/multilevel_ideas.html. Acessado em: 10/08/2004.

_____. **Decision Systems Group**. University at Buffalo: Department of Industrial Engineering, 2005. Disponível em : http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/info/decisiongroup_x.html. Acessado: 10/08/2004.

BIALAS, Wayne F.; KARWAN Mark H. **Two-Level Linear Programming**. Management Science, Vol. 30, No. 8 August, 1984. University at Buffalo: Department of Industrial Engineering, 1984. Disponível em: http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/Papers/papbk84_Mgt_Sci.html. Acessado em: 10/05/2005.

_____. **Mathematical Methods for Multilevel Planning: The Operations Research Program** Department of Industrial Engineering State University of New York At Buffalo. Research Report No. 79-2, Buffalo, New York. February 1979. Disponível em: <http://www.acsu.buffalo.edu/~bialas/public/pub/Papers/papbk79.pdf>. Acessado em: 10/10/2004.

BORNIA, Antonio Cezar. FREIRES, Francisco Gaudêncio Mendonça. **Uma aplicação do custeio baseado em atividades à gestão dos custos da cadeia de suprimentos**, 2004. Disponível em: <http://www.iem.efei.br/edson/download/CongresoInternacional2004/005ABCcadeiasuprimento.o.doc>. Acessado em: 16/10/2004.

BOWERSOX, Donald J. CLOSS, David. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001. 594 p.

BOWERSOX, D J. et al. **Logistical management - a systems integration of physical distribution, manufacturing support and materials procurement**. New York: MacMillan, 1986.

CAMPÊLO, Manoel Bezerra Neto. **Programação Linear em Dois Níveis: Uma abordagem teórica e computacional**. Tese de Doutorado – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

CAMPÊLO, Manoel Bezerra Neto.; SCHEIMBERG, Suzana Makler. **A simplex approach for finding local solutions of a linear bilevel program by equilibrium points**. Submitted to Annals of Operations Research, Kluwer, 2005. Disponível em: <http://www.lia.ufc.br/~mcampelo/mcampeloPublic.htm> . Acessado em: 04/08/2005.

CARASTAN, J. T. **Informações de Custos Através da Análise de Programação Linear : Um Caso Aplicado A Uma Empresa Brasileira - Universidade de São Paulo : Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade**, 2002. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=49&print=y>. Acesso em: 26/07/2005.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Supply Chain Management/Logistics Management Definitions**, 2005. Disponível em : <http://www.cscmp.org/Website/AboutCSCMP/Definitions/Definitions.asp>. Acessado em: 12/04/2005.

DAHER, Cecílio Elias; SILVA, Edwin Pinto de la Sota, FONSECA, Adelaida Pallavicini. **Logística reversa: oportunidade para redução de custos através do gerenciamento da cadeia integrada de valor.** Disponível em : <http://www.alfa.br/revista/artigoc4.php>. Acessado: 03/01/2005 , 2004.

DANTAS de Souza, Simone. **Problemas de programação em dois níveis: um estudo dos casos linear, linear-quadrático e quadrático.** (Engenharia de Sistemas e Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard, B.; **Fundamentos da Administração da Produção**; trad. Eduardo D'Agord Schaan ... [et. al.] - 3.ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DIAS, Marco Aurelio P. **Administração de Materiais: edição compacta.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995.

ECR Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.ecrbrasil.com.br/glossario.asp>. Acesso em: 25/11/2005

FEOFILOFF, Paulo; COELHO, José. **Programação Linear 2001**, 2001. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~coelho/proglin/> . Acessado em: 01/08/2005.

FREIRES, Francisco Gaudêncio Mendonça. **Proposta de um Modelo de Gestão dos Custos da Cadeia de Suprimentos.** Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, Santa Catarina, 2000. Disponível em: <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/3924.pdf> . Acessado em : 24/02/2005.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento.** Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-20052003-004345/publico/Gavira1.pdf>. Acessado: 24/07/2005.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira.** tradução Jorge Ritter. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GOEBEL, Dieter. **Logística – otimização do transporte e estoques na empresa ECEX/IE/UFRJ – Curso de Pós-Graduação em Comércio Exterior.** [prof. Dieter Goebel] Estudos em Comércio Exterior Vol. I nº 1 – jul/dez 1996 (ISSN 1413-7976) Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/ecex/pdfs/logistica_otimizacao_do_transporte_e_estoques_na_empresa.pdf. Acessado em: 20/03/2005, 1996.

GOULART, Christiane Peres. **Proposta de um Modelo de Referência para Planejamento e Controle da Produção em Empresas Virtuais**. USP – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2000. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-30072001-63515/publico/Goulart.pdf>. Acessado em: 07/11/2004.

HENRIQUES, Carla Sofia Monteiro Freitas; LOPES, Dina Jacinta Nunes; JESUS, Márcio Nuno Loureiro; SANTOS, Sónia Patrícia Gomes dos. **Programação Linear**. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra: Departamento de Matemática, 2000. Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~mcag/FEA2003/Programacao%20linear.pdf>. Acessado em: 22/01/2005.

JANES, Wanildo José. **O Balanced Scorecard como Sistema Gerencial**, 2003. Disponível em: <<http://www.funcab.br/catedra/artigos/balanced.pdf>>. Acessado em: 30/05/2005.

JORDÁN, Gladys Castillo. **Investigação Operacional e Otimização**. Disponível em: <<http://www.mat.ua.pt/io/apontamentos.htm>>. Acessado em: 31/07/2005.

KAPLAN, R. S. e COOPER, R. Custo e desempenho – Administre seus custos para ser mais competitivo. São Paulo: Editora Futura, 1998.

KAPLAN, Robert S. e NORTON, David P. – **The balanced scorecard**. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1996. Traduzido por Frazão Filho, L. E. Trindade – A estratégia em ação – balanced scorecard. Editora Campus, 344 p., Rio de Janeiro, 1997.

KRIKKE, H. **Recovery strategies and reverse logistics network design**. Holanda: BETA – Institute for Business Engineering and Technology Application, 1998.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. tradução Ailton Bomfim Brandão. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1998.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Plano de Marketing para micro e pequena empresa**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAVAl Silva, Alexandre. **Modelo de Programação Linear em Dois Níveis para Otimização de Estoques de Sobressalentes**. Ministério da Defesa Exército Brasileiro - Secretaria de Ciência e Tecnologia - Instituto Militar de Engenharia - Curso de Mestrado em Sistemas e Computação. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.ipanema.ime.eb.br/PC2001a.htm>. Acessado: 12/03/2004.

LAVAl Silva, Alexandre.; NEVES, Julio Cezar Silva. **Modelo de Programação Linear em Dois Níveis para Otimização de Estoques de Sobressalentes**. Relatório Técnico. Instituto Militar de Engenharia: Departamento de Engenharia de Sistemas. Mar, 2003.

MARCOTTE, Patrice. Bilevel Programming: Algorithms. Universidade de Montreal, Canadá, 1999. Disponível em: www.iro.umontreal.ca/~marcotte/ARTIPS/marcot3.ps Acessado em: 09/05/2005.

MARTINS, Eliseu - **Contabilidade de Custos**, pág. 244; São Paulo : Atlas, 1984.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.

MAUAD, Luiz G. A., PAMPLONA, Edson de Oliveira. **ABC/ABM e BSC – Como essas ferramentas podem se tornar poderosas aliadas dos tomadores de decisão das empresas**. Universidade Federal de Itajuba - VIII Congresso Internacional de Custos. Punta Del Leste, Uruguay, 26 a 28 de novembro de 2003, 2003. Disponível em: <http://www.iem.efei.br/edson/download/Artguilaconginter03.pdf>. Acessado em: 17/10/2004.

MIRSHAWKA, Victor. ; OLMEDO, Napoleão Lopes. **Manutenção Combate aos Custos da Não-Eficácia – A Vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil LTDA, 1993.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração de Produção e Operações**. Thomson Learning. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2002.

NETO, Francisco Ferraes. **A relação da logística com a administração financeira e seus impactos nos índices financeiros de uma organização**. Revista da FAE, Curitiba, v.5, n.1, p.49-49, set./dez. 2002. Disponível em: http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_da_fae/fae_v5_n3/a_relacao_da_logistica_como.pdf. Acessado: 30/09/2004.

NEUMAN, Edward. **Linear Programming in Matlab**. Department of Mathematics Southern Illinois University at Carbondale, 1999. Disponível em: < <http://www.math.siu.edu> > . Acessado em: 18/07/2004.

NEVES, Julio Cezar Silva. **Modelo de Programação Linear Binível para a Alocação Dinâmica de Veículos**. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COOPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

NOVAIS, A. G. **Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição**. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OLIVEIRA, Patricia Renha de; SCHEURER, Eduardo. **Just in Time**. Universidade Estácio de Sá - Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://jasconsultoria.vilabol.uol.com.br/artigoJustinTime.htm>. Acesso em: 03/05/2005.

PEREIRA FILHO, Orlandino Roberto. **Gerenciamento logístico do fluxo de informações e materiais em unidade industrial aeronáutica**. Taubaté, São Paulo, Unitau/Departamento ECA, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento ECA, 2002. Disponível em: http://www.unitau.br/prppg/cursos/ppga/mestrado/2002/pereira_filho_orlandino_roberto.pdf. Acessado em: 16/10/2004.

PINA, José Coelho de. **MAC 315 Programação Linear**, 1999. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~coelho/mac315/pdf/apresentacao.pdf>. Acessado em: 02/05/2005.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Julio Aquino Nascif. **Manutenção Função Estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

PLAYER, S, LACERDA, R, Lições mundiais da Arthur Andersen em ABM. São Paulo: Futura, 2000.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva**: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência; tradução de Elizabeth Maria de Pinho Braga; tradução Competitive Strategy. revisão técnica Jorge A. Garcia Gomez. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

RAZZOLINI, Filho Edelvino. **Logística de Suprimentos**. 1999. Disponível em: http://www.3gconsultoria.com.br/download/Edelvino_logistica.pdf. Acesso em: 17/10/2004.

RAZZOLINI, Filho Edelvino. **Glossário de Logística**: Termos técnicos utilizados em Logística, Comércio Exterior, Informática e em Administração, 2002. Disponível em: <<http://pessoal.onda.com.br/razzolini/gloglog.html>>. Acesso em: 05/08/2005.

RENÓ, Maria Luiza Grillo. **ABC e BSC – Ferramentas Importantes na Elaboração de Estratégia Empresarial**. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Produção e Gestão. 2005. Orientador: Professor Edson de Oliveira Pamplona, 2005. Disponível em: <http://www.iem.efei.br/edson/download/TD%20Maria%20Luiza.pdf>. Acessado em: 19/04/2005.

REVISTA ELETRÔNICA DEFINITIVA. Disponível em: http://www.definitiva.com.br/art_administrativo.asp. Acessado em: 14/02/2005, 2005.

RICHERS, Raimar. **Marketing**: uma visão brasileira. São Paulo: Negócio, 2000.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da Produção e Operações**; Título Original: Foundations of Operations Management; tradução Roberto Galman; revisão técnica Carlos Eduardo Mariano da Silva. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ROCHA, Angela da; CHRISTENSEN, Carl. **Marketing**: teoria e prática no Brasil. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROGERS, Dr. Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Dr. Ronald S. **Going Backwards**: Reverse Logistics Trends and Practices. University of Nevada, Reno: Center for Logistics Management. Reverse Logistics Executive Council, 1998. Disponível em : <http://equinox.unr.edu/homepage/rtl/>. Acessado em: 08/12/2004.

SANTOS, Carlos André Martins dos. **Programação em Dois Níveis Aplicada ao Estudo da Oferta Ótima em Sistemas Termoelétricos**. Instituto de Matemática do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro - NCE /IM/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

SCHMITT, Henrique Bruno. **Modelo de Avaliação de Desempenho de Operadores Logísticos Atuantes no Setor Agrícola de Cargas a Granel**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Programa De Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis - SC, 2002. Disponível em: <http://teses.eps.ufsc.br/result.asp?Regs=10&Ori=1440&TipoCurso=1&Nivel=M&Pag=1>. Acesso em: 27/07/2005.

SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice', SETAC, Brussels, 1993.

SHEE, Daniel Y.; TANG, Tzung-I; TZENG, Gwo-Hshiung. **Modeling the Supply-Demand Interaction in Electronic Commerce: A Bi-Level Programming Approach**. Journal of Electronic Commerce Research, VOL. 1, NO. 2, 2000. Disponível em: <http://www.csulb.edu/web/journals/jecr/issues/20002/paper4.pdf>. Acessado em: 21/11/2004.

SIFERD, S.P. Purchasing: The Cornerstone of the Total Cost of Ownership Concept. **Journal of Business Logistics**, Oak Brook; 1997

SILVA, Francisco L. L. da; CECCHETTO, José Gustavo; COSTA, Rita Marques. **Qualidade**. Monografia apresentada no curso de Organização, Sistemas e Métodos das Faculdades Integradas Campos Salles, sob orientação do Professor Mauro M. Laruccia. Disponível em: <http://planeta.terra.com.br/educacao/mauro.laruccia/trabalhos/qualidade.htm>, 2000. Acesso: 27/07/2005.

SIQUEIRA, Antonio Carlos Pedroso de. **Logística, uma Ferramenta Estratégica para Gerenciamento na Cadeia de Suprimentos e para Redução de Custos**, 2004. Disponível em : <http://www.milenio.com.br/siqueira/Tr147.htm>. Acessado: 30/09/2004

SIQUEIRA, Antonio Carlos Pedroso de. **A Utilização da Programação Linear e da Teoria das Restrições como Ferramenta de Apoio a Tomada de Decisões**, 2004. Disponível em: www.milenio.com.br/siqueira/Tr242.htm. Acessado em: 21/01/2005.

SLACK, Nigel.; CHAMBER, Stuart.; HARLAND, Christine.; HARRISON Alan.; JOHNSON, Robert;. **Administração de produção**. Tradução de Operation Management. Pitman Publishing London de 1995. Revisão Técnica Henrique L. Correa, Irineu G. N. Giansi. São Paulo: Atlas,1999.

VICENTE, Luis N., **Bilevel Programming: introduction, history, and overview**, BP. Universidade de Coimbra: Departamento de Matemática, 1997. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/14207/http://zSzzSzwww.mat.uc.ptzSz~lvicentezSzpperszSzEoO.pdf/bilevel-programming-introduction-history.pdf> e em: www.mat.uc.pt/~lnv/papers/EoO.ps. Acessado: 04/08/2005.

VICENTE, Luis N.; CALAMAI P. H., **Bilevel and multilevel programming: a bibliography review**, Journal of Global Optimization, 5 (1994) 291-306, 1994. Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~lnv/papers/papers.html> e em: <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/6432/http://zSzzSzdiagonal.uwaterloo.caSz~phcalamazSzpperszSzbilevel-review.pdf/vicente94bilevel.pdf>. Acessado em: 26/08/2004.

WANKE, P. **Gestão de Estoques de Peças de Reposição de Baixíssimo Giro**. COOPEAD - UFRJ: Artigos CEL, 2003. Disponível em: http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr_art_gest_pecas.htm. Acesso em: abr, 2004.

_____. **Gestão de Estoques de Peças de Reposição de Baixo Giro**. COOPEAD - UFRJ: Artigos CEL, 2002. Disponível em:<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr_art_gest_baixo_giro.htm>. Acesso em: mar, 2004.

_____. **Estratégias para Gerenciamento do Risco de Manter Estoques.** COOPEAD - UFRJ: Artigos CEL, 2002. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>. Acesso em: ago, 2005.