UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 26/04/02

Ass.: Guilherme

REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS: UMA PROPOSTA BASEADA NO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

ENG.º MÁRIO DE OLIVEIRA ANDRADE

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

DEDALUS - Acervo - EESC

31100036914

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: Prof. Liv. Doc. Antonio Freitas Rentes

São Carlos-SP, Brasil

2002

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MÁRIO DE OLIVEIRA ANDRADE**

Dissertação defendida e julgada em 18-04-2002 perante a Comissão Julgadora:

Aprovado

Prof. Assoc. **ANTONIO FREITAS RENTES (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Dr. **MARCEL ANDREOTTI MUSETTI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Dr. **SILVIO ROBERTO IGNÁCIO PIRES**
(Universidade Metodista de Piracicaba/UNIMEP)

Prof. Doutor **EDMUNDO ESCRIVÃO FILHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Antonio Freitas Rentes, pela orientação e oportunidade oferecida durante a elaboração deste trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa de estudo concedida.

Aos Professores Bremer, Marcel e Silvio, pelas sugestões realizadas.

A todos colegas, professores e funcionários da Área de Engenharia de Produção e do Núcleo de Manufatura Avançada, NUMA, pela colaboração.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS V

LISTA DE TABELAS VII

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS VIII

RESUMO IX

ABSTRACT X

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO 1

1.2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS 4

1.3. METODOLOGIA CIENTÍFICA 6

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO 9

2. INTEGRAÇÃO ORGANIZACIONAL E ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS: FATORES ESSENCIAIS À SOBREVIVÊNCIA DAS ORGANIZAÇÕES 10

2.1. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS 18

2.1.1. Conceitos e definições *18*

2.1.2. Tipos e classificações *21*

2.2. PRODUÇÃO ENXUTA 33

2.2.1. Histórico *33*

2.2.2. Princípios e teoria *35*

2.2.3. Práticas associadas *38*

2.3. MODELAGEM EM AMBIENTES EMPRESARIAIS 41

3. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 46

3.1. MAPEAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL 48

3.2. MAPEAMENTO DA SITUAÇÃO FUTURA 50

3.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

4. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO 61

4.1. CONTEÚDO DE INFORMAÇÕES 62

4.1.1. Informações do 1º. Nível *64*

4.1.2. Informações do 2º. Nível *71*

4.1.3. Informações do 3º. Nível *76*

4.2. PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO 77

5. EXEMPLO ILUSTRATIVO DE APLICAÇÃO 93

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 107

ANEXO A - ÍCONES DE REPRESENTAÇÃO 116

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Relacionamento entre as etapas de um método científico e as etapas do trabalho, 8

FIGURA 2: Evolução das organizações, 12

FIGURA 3: Aspectos relacionados à cadeia de suprimentos (Adaptado de LAMBERT *et al.*,1998), 21

FIGURA 4: Etapas do MFV (Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998), 47

FIGURA 5: Exemplo de um mapa da situação atual (Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998), 50

FIGURA 6: Diferença de tempos de fabricação entre uma produção em lotes e uma produção em fluxo unitário de peças, 52

FIGURA 7: Exemplo de utilização de um supermercado de produção, 53

FIGURA 8: Localização do processo puxador (Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998), 54

FIGURA 9: Exemplo de um mapa da situação futura, 57

FIGURA 10: Relação entre os diferentes níveis de mapeamento, 63

FIGURA 11: Principal ícone de representação do primeiro nível, 67

FIGURA 12: Exemplo de representação de uma generalização, 68

FIGURA 13: Exemplo de um fluxo de relacionamento, 69

FIGURA 14: Representação dos tipos de relacionamento, 70

FIGURA 15: Representação dos tipos de processos que ocorrem entre as empresas, 71

FIGURA 16: Macro-processos representados na direção vertical, 72

FIGURA 17: Representação gráfica do armazém de recebimento, 73

FIGURA 18: Ícones de representação de diferentes modais de transporte, 75

FIGURA 19: Ícone de representação do fluxo de informações, 76

FIGURA 20: Formalismo adotado pelo método IDEF0 (Fonte: MAYERS *et al.*,1993), 79

FIGURA 21: Desdobramento das atividades no IDEF0 (Fonte: MAYERS *et al.*,1993), 80

FIGURA 22: Diagrama A-0 – Aplicar método de representação e análise de cadeias de suprimentos, 81

FIGURA 23: Diagrama A0 - Aplicar método de representação e análise de cadeias de suprimentos, 84

FIGURA 24: Diagrama A1 – Modelar estrutura e relacionamentos da cadeia, 86

FIGURA 25: Diagrama A2- Modelar fluxo de materiais e informações entre as empresas, 88

FIGURA 26: Diagrama A3 – Modelar processos produtivos, 89

FIGURA 27: Diagrama A4 – Analisar e definir melhorias para a cadeia de suprimentos, 91

FIGURA 28: Obtenção do mapa de primeiro nível, 96

FIGURA 29: Exemplo de um mapa de primeiro nível – situação atual, 97

FIGURA 30: Obtenção do mapa de segundo nível, 98

FIGURA 31: Exemplo de um mapa de segundo nível – situação atual, 100

FIGURA 32: Obtenção dos demais mapas, 102

FIGURA 33: Exemplo de um mapa de terceiro nível – situação atual, 103

FIGURA 34: Exemplo de um mapa de terceiro nível – situação futura, 104

FIGURA 35: Exemplo de um mapa de segundo nível – situação futura, 105

FIGURA 36: Exemplo de um mapa de primeiro nível – situação futura, 106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Os três tipos de cadeias de suprimentos (Fonte: LIN & SHAW, 1998), 25

TABELA 2: Matriz dos tipos de relacionamentos (Fonte: BENSAOU, 1999), 31

TABELA 3: Dimensões relativas à cadeia de suprimentos por autor, 32

TABELA 4: Avaliação do MFV segundo os princípios de modelagem, 59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATO - *Assembly-to-order*

BTO - *Buy-to-order*

CLM - *Council of Logistics Management*

CS - Cadeia de Suprimentos

GCS – Gestão da Cadeia de Suprimentos

EESC - Escola de Engenharia de São Carlos

EDI - *Eletronic Data Interchange*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

IQ – Índice de Qualidade

JIT – *Just in Time*

LTA – Leadtime de Atendimento

LTM – Leadtime de Manufatura

MFV - Mapeamento do Fluxo de Valor

MIT - *Massachuchets Institute of Technology*

MTO - *Make-to-order*

MTS - *Make-to-stock*

PAD – Política de Atendimento da Demanda

P&D - Pesquisa & Desenvolvimento

RM – Regras de Modelagem

SCM - *Supply Chain Management*

STP - Sistema Toyota de Produção

TransMeth - *Transformation Methodology*

USP - Universidade de São Paulo

Virginia Tech – *Virginia Polythenic State University*

RESUMO

ANDRADE, M. O. (2002) **REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS: UMA PROPOSTA BASEADA NO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho propõe um método de representação e análise de cadeias de suprimentos que visa permitir a identificação e conseqüente eliminação dos desperdícios que ocorrem ao longo de uma cadeia produtiva. Fundamentado nos conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, produção enxuta e modelagem de empresas, este trabalho tem como principal justificativa a necessidade de se desenvolver mecanismos que possibilitem a integração entre empresas, melhorando os níveis de coordenação e sincronização dos fluxos de materiais e informações. O Mapeamento do Fluxo de Valor, técnica de modelagem desenvolvida por ROTHERS & SHOOK (1998), visa auxiliar a obtenção de sistemas produtivos enxutos e foi utilizada como base para o desenvolvimento do método. Dois aspectos são levados em conta para a proposição do método: o primeiro diz respeito ao conteúdo de informações dos modelos e o segundo ao procedimento de aplicação. A principal característica do método é a decomposição em três níveis de mapeamento, indo de um nível mais genérico para um nível de maiores detalhes. Uma ilustração de um caso hipotético de aplicação é fornecida como exemplo. Como conclusões são expostas as vantagens e limitações percebidas no método. Os trabalhos futuros sugeridos se referem à avaliação, aplicação e complementação do método.

Palavras-chaves: Gestão da Cadeia de Suprimentos, Produção Enxuta, Modelagem de Empresas, Mapeamento do Fluxo de Valor.

ABSTRACT

ANDRADE, M. O. (2002). *SUPPLY CHAIN REPRESENTATION AND ANALYSIS: A PROPOSAL BASED ON THE VALUE STREAM MAPPING.* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work proposes a method for supply chain representation and analysis to allow the identification and consequent elimination of the waste in the production chains. The fundamental concepts this work is based on are: supply chain management, lean production and enterprise modeling. The main reason for the development of this research is the need of developing tools and mechanisms to help the integration between enterprises, improving the coordination and synchronization of the material and information flows. The Value Stream Mapping technique, developed by ROTHERS & SHOOK (1998), which helps the design of lean production systems, is used as a basis for the development of the method. Two aspects were observed during the development of the method: the first one deals with the information content of the models and the second one with the application procedure of the method. The main characteristic of the method is the decomposition in three levels of mapping, from a generic level to a more detailed one. An illustration based on a hypothetic case is given as an example. At the conclusion of this work the advantages and limitations of the method are discussed. Some future researches are suggested based on the evaluation, application and complementation of the method.

Keywords: *Supply Chain Management, Lean Production, Enterprise Modeling, Value Stream Mapping*

1

1. Introdução

1.1. Contextualização do trabalho

Minimização dos custos e maximização dos serviços frente às exigências impostas pelos competidores e consumidores. Essas têm sido as prerrogativas essenciais para as empresas se manterem no mercado. No cenário econômico, o fenômeno da globalização expande as regras de economia de mercado para além das fronteiras tradicionais. No cenário tecnológico, as evoluções nas áreas de telecomunicações e informática possibilitam uma série de inovações em termos de gestão de negócios e ganhos de competitividade. Por parte dos executivos, tem aumentado a percepção de que benefícios podem ser alcançados através do estabelecimento de parcerias e cooperações entre as empresas que participam de alguma etapa da oferta de um produto aos consumidores finais, incluindo desde as fontes de material bruto ao momento da entrega final.

Em uma economia de mercado, os consumidores possuem o direito de optar pelos produtos e fornecedores que desejarem. Como a disponibilidade de produtos e as fontes de fornecimento estão cada vez maiores, as empresas devem estar aptas a oferecer produtos mais novos, com maior qualidade e a um custo menor. A competição acirrada, envolvendo participantes ora distantes, força as empresas a buscarem

constantemente novas soluções para a sobrevivência e o crescimento (WATTS,1993). Os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, que envolvem o estabelecimento de uma integração mais efetiva entre as empresas, e os de produção enxuta, que envolvem a eliminação dos desperdícios que ocorrem nos sistemas produtivos, constituem respostas para a busca de competitividade.

A tecnologia e seus avanços também representam um importante elemento na busca por vantagens competitivas. O surgimento das máquinas movidas à vapor, a descoberta de novos materiais, a invenção de novos processos, tudo isso vem contribuindo desde os tempos antigos para o aumento da competitividade das empresas. A tecnologia de informação, que compreende mecanismos de processamento, armazenagem e transmissão de dados, é a que mais têm evoluído ultimamente. A possibilidade de compartilhar informações rapidamente, a um baixo custo e com segurança, é um dos principais elementos que habilitam e viabilizam a parceria e a cooperação entre as empresas. A Internet é um exemplo claro das possibilidades que podem surgir.

Uma empresa é um sistema complexo composto por diversas partes distintas que visam atender a um objetivo específico. A eliminação dos desperdícios internamente a este sistema contribui para a redução de custos aumentando a habilidade deste sistema em competir no mercado. Adotando-se uma perspectiva sistêmica mais ampla e considerando uma cadeia de suprimentos como um sistema cujo objetivo é atender ao cliente final de maneira mais eficiente e eficaz, percebe-se a importância da integração entre os conceitos de produção enxuta e gestão da cadeia de suprimentos.

Pois, a eliminação dos desperdícios ao longo da cadeia também proporcionará um aumento da capacidade de competir no mercado.

Segundo LUMMUS & VOKURKA (1999), o tema gestão da cadeia de suprimentos (GCS) tem se tornado um assunto de interesse por parte das empresas devido a uma série de fatores. Primeiro, porque as empresas estão menos verticalizadas, focando mais em seus negócios principais e buscando fornecedores que atendam seus requisitos de qualidade, custos e prazos de entrega. A segunda questão diz respeito a crescente competição em nível nacional e internacional. Os clientes têm a possibilidade de optar, a um custo cada vez mais baixo, por um número crescente de fontes de fornecimento. A localização adequada do produto ao longo do canal de distribuição, visando o aumento do nível de serviço ao cliente, e a um custo menor, é essencial. Uma terceira razão é a percepção de que ótimos locais não representam ótimos globais. O objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é maximizar a competitividade tanto das empresas, assim como da rede da qual elas fazem parte.

O termo produção enxuta foi inicialmente estabelecido por WOMACK & JONES (1992) para descrever as características dos sistemas japoneses de produção que determinavam a superioridade das empresas japonesas em relação às do ocidente, em especial a Toyota. O princípio básico por trás dos conceitos desenvolvidos pelos japoneses se baseia na eliminação de desperdícios que acarretam em aumento de custos para o sistema. A partir da eliminação de tais desperdícios as empresas se tornam então mais aptas a reduzirem seus custos e melhorarem seu desempenho.

A coordenação das atividades realizadas por um sistema produtivo é uma tarefa significativamente complexa. Segundo VERNADAT (1996), a utilização de

modelos que representem um determinado sistema tem por objetivo reduzir a complexidade e auxiliar a compreensão sobre esse sistema, facilitando a identificação, análise e implementação de alternativas de melhoria. A modelagem de cadeias de suprimentos visa reduzir a complexidade, auxiliando desta maneira a proposição e implementação de melhorias que reduzam os desperdícios que ocorrem ao longo da cadeia. Logo, a integração entre estes três temas, gestão da cadeia de suprimentos, produção enxuta e modelagem de empresas, se mostra extremamente interessante e produtiva.

1.2. Justificativas e objetivos

Diante do contexto exposto acima, da percepção do potencial e da necessidade de se integrar os três temas descritos, este trabalho procura desenvolver um método que funcione como um recurso para viabilizar tal proposta.

Segundo LUMMUS & VOKURKA (1999), a adoção dos conceitos e práticas relacionados à gestão de cadeias de suprimentos tem crescido de forma lenta. Entre as razões é possível citar:

- falta de direções para o estabelecimento de alianças entre os membros da cadeia;

- falhas no estabelecimento de métricas para o monitoramento das alianças;

- inabilidade em estender os conceitos e a visão de cadeia de suprimentos para além dos processos de compra e distribuição;

- inabilidade em integrar procedimentos internos à própria organização;

- falta de confiança entre as eventuais empresas parceiras;

Deve ser notado que a integração de uma cadeia de suprimentos ocorre essencialmente pela coordenação de dois fluxos, os de materiais e os de informações. A modelagem destes fluxos permite a redução da complexidade inerente a uma rede de relacionamentos, a identificação de desperdícios e a definição de melhorias, garantindo desta forma que as mudanças ocorram de maneira planejada.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um método de modelagem de cadeia de suprimentos que represente o fluxo de materiais e informações entre as empresas. Estes fluxos serão representados de forma a possibilitar uma compreensão de como a cadeia opera em termos de estruturas, processos, políticas e mecanismos de controle, restrições e tecnologias. A construção e a análise dos modelos obtidos permitirá a identificação de pontos de melhoria, bem como o planejamento de cenários futuros.

Como ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho será utilizada a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Essa técnica foi inicialmente introduzida por ROTHERS & SHOOK (1998) para auxiliar a implementação dos princípios de produção enxuta dentro das empresas, no nível de chão-de-fábrica. A extensão desta técnica para modelagem de cadeias de suprimentos condiz com os objetivos deste trabalho, novas características deverão ser desenvolvidas e avaliadas à luz dos requisitos identificados para representação e análise dos fluxos de materiais e informações envolvendo as empresas de uma cadeia de suprimentos.

Diante do exposto acima, e para tal, os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados:

- identificação das variáveis e elementos que impactam o desempenho de uma cadeia de suprimentos;
- avaliação da técnica de MFV no que diz respeito ao mapeamento de cadeias de suprimentos;
- definição de uma maneira apropriada de representar os elementos identificados; e
- definição de um conjunto de passos para a modelagem da cadeia de suprimentos;

Desta forma, o método a ser proposto pretende suprir as deficiências identificadas por LUMMUS & VOKURKA (1999). O método fornecerá direções para o desenvolvimento de alianças entre os membros da cadeia e permitirá uma comunicação clara a partir dos modelos obtidos. Esta comunicação serve de base para o estabelecimento de métricas para o monitoramento das alianças e é capaz de aumentar a confiança entre as empresas, já que todos passam a utilizar um padrão comum de comunicação.

O tópico a seguir apresenta as etapas definidas para a realização deste trabalho e discute a abordagem metodológica adotada.

1.3. Metodologia científica

LAKATOS & MARCONI (1991) definem método de pesquisa como sendo "o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar um objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros -,

traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista". De acordo com BUNGE *apud* LAKATOS & MARCONI (1991), independentemente do tipo, os métodos científicos alcançam seus objetivos quando cumprem as seguintes etapas:

(a) **descobrimento do problema** ou lacuna em um conjunto de conhecimentos;

(b) **colocação precisa do problema**, ou ainda a recolocação de um velho problema;

(c) **procura de conhecimentos** ou instrumentos relevantes ao problema, ou seja, exame do conhecido para tentar resolver o problema;

(d) **tentativa de solução do problema** com auxílio dos meios identificados;

(e) **invenção de novas idéias** que prometam resolver o problema;

(f) **obtenção de uma solução do problema** com auxílio do instrumental disponível;

(g) **investigação das conseqüências** da solução obtida;

(h) **prova ou comprovação** da solução obtida;

(i) **correção das hipótese, teorias ou procedimentos** empregados na obtenção da solução incorreta.

A figura 1 mostra a relação entre as etapas definidas para esta pesquisa e as que devem ser cumpridas para que uma solução seja obtida de acordo com a teoria de investigação científica.

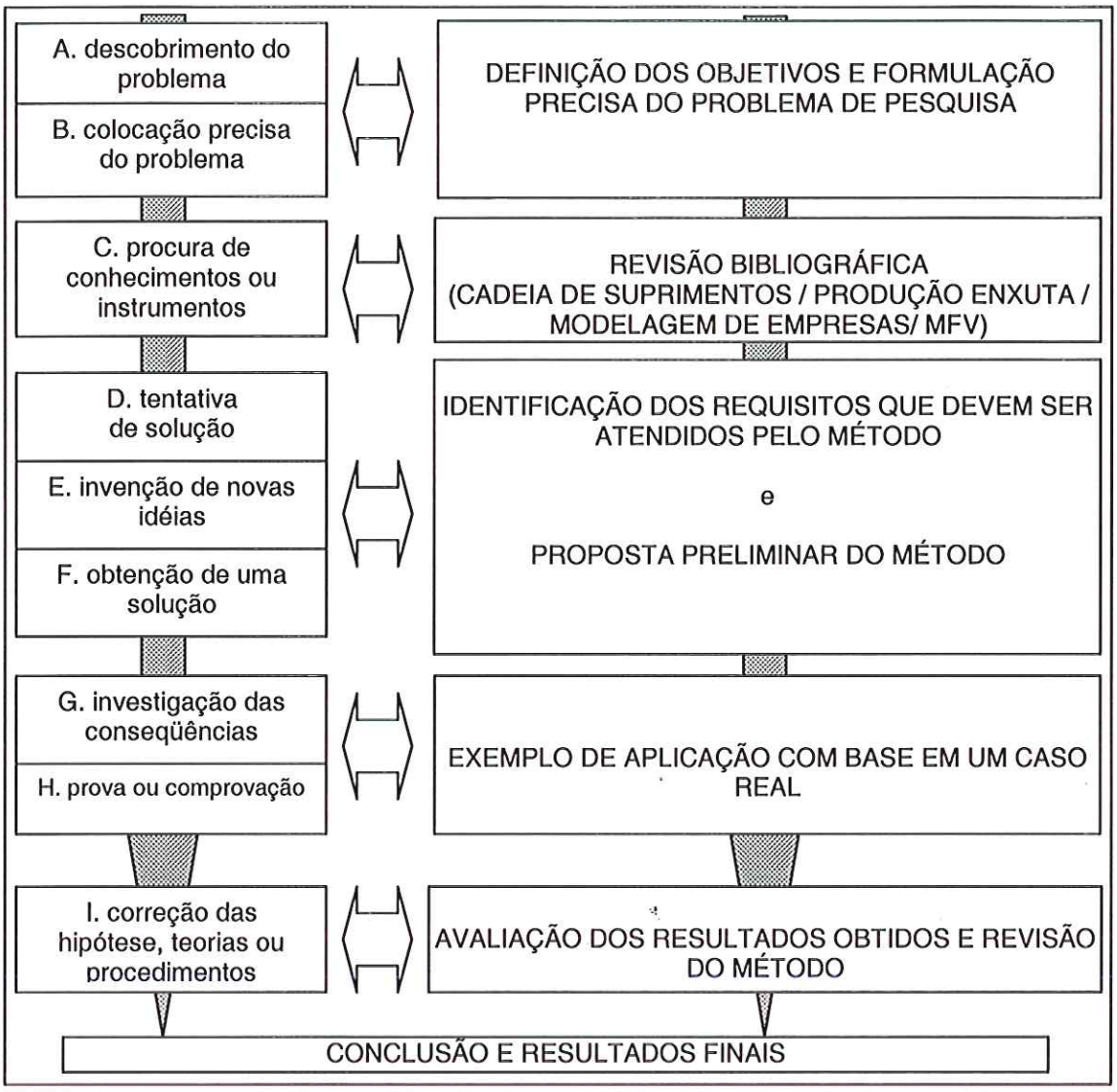


FIGURA 1: Relacionamento entre as etapas de um método científico e as etapas do trabalho

Os objetivos, definidos anteriormente, correspondem a primeira etapa do trabalho. A revisão bibliográfica, baseada nos três temas principais, que são a gestão da cadeia de suprimentos, a produção enxuta e a modelagem de empresas, constitui a segunda etapa. A técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor também é avaliada e juntamente com a revisão bibliográfica fornece os requisitos iniciais para o desenvolvimento de uma proposta preliminar do método. Em uma etapa seguinte, um exemplo ilustra a aplicação do método. No final, são discutidos os resultados e conclusões obtidas.

O tópico a seguir mostra como estão organizados os capítulos deste texto.

1.4. Organização do texto

Este texto se apresenta estruturado da seguinte maneira. Inicialmente, no capítulo 1, foram fornecidas as justificativas, os objetivos, a abordagem científica adotada e as etapas a serem cumpridas para o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica acerca dos temas e assuntos relevantes para o desenvolvimento do trabalho. Após uma contextualização geral do ambiente empresarial são discutidos os conceitos e as práticas referentes a gestão da cadeia de suprimentos, um histórico e as principais ferramentas e técnicas adotadas pela produção enxuta, a importância e os fundamentos da modelagem de empresas. No capítulo 3, é apresentada com maiores detalhes a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor desenvolvida por ROTHERS & SHOOK (1998). São apresentadas as etapas para o mapeamento da situação atual, as questões para o mapeamento futuro e os passos para o desenvolvimento de um plano de ações. O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do método para modelagem de cadeias de suprimentos, os requisitos identificados, as informações que devem ser representadas e os passos para a modelagem. Uma ilustração de aplicação do método é apresentada no capítulo 5. Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões obtidas e sugere possíveis trabalhos futuros.

2

2. Integração organizacional e eliminação de desperdícios: fatores essenciais à sobrevivência das organizações

O sistema econômico vigente atualmente é o de economia de mercado. Em uma economia de mercado o cliente ou consumidor é livre para escolher as fontes de fornecimento que melhor atendam as suas necessidades e desejos. As empresas têm que atender aos clientes de forma a serem escolhidas por eles dentre uma série de outras empresas que oferecem os mesmos produtos, isso é o que se chama de concorrência. Em função da concorrência, as empresas, para sobreviverem e crescerem, necessitam obter vantagens competitivas em relação as outras. Essas vantagens devem ser percebidas por quem detêm o poder de compra, isto é, pelos clientes, que desejam produtos cada vez mais novos, melhores e mais baratos. Logo, os fatores de competitividade estão relacionados a capacidade da empresa em reduzir custos, aumentar a qualidade e reduzir os tempos de entrega e desenvolvimento de novos produtos (WATTS,1993).

Houve uma época onde as fontes de fornecimento eram poucas, e os clientes não tinham muitas opções de escolha. O mercado era considerado "vendedor" e o que era produzido conseguia facilmente ser vendido. No entanto, as fontes de fornecimento e a possibilidade de escolhas cresceram muito nos últimos tempos, o que pode ser visto é o que mercado passou mesmo a ser regido pelos clientes, mercado "comprador". A expansão deste fenômeno por todo o mundo, em função das quedas das

barreiras comerciais, da formação de blocos econômicos, da redução dos custos de transporte e de comunicação, é chamada de globalização.

O grande impacto sentido pelas empresas diz respeito a busca constante por vantagens competitivas que a habilitem e a diferenciem na hora de participar das decisões dos clientes. Entre os elementos que contribuem para todo este processo, a tecnologia desempenha um papel chave. A invenção da roda, das máquinas a vapor, de novos processos produtivos, enfim, tudo isso representou avanços em termos de tecnologia. Ela permite às empresas atingirem níveis maiores de competitividade na medida em que contribuem para a redução de custos, o aumento da qualidade e a diminuição dos tempos de atendimento aos clientes.

Os avanços tecnológicos que mais tiveram efeito sobre as organizações ultimamente têm sido os avanços em tecnologia de informação. A tecnologia de informação corresponde aos equipamentos de coleta, transmissão, armazenamento e processamento de dados. A convergência de duas áreas da tecnologia de informação, as telecomunicações e a informática, têm gerado oportunidades e ameaças significativas às organizações. Oportunidades em termos de geração de vantagens competitivas e ameaças no sentido de melhorias nas empresas concorrentes. A questão hoje é como gerenciar e alinhar a organização em função do ambiente dinâmico no qual ela está inserida, sendo essa dinamicidade ocasionada principalmente em função dos avanços tecnológicos, o desafio é compreender como eles podem ser úteis e benéficos para as empresas (BERGER & SIKORA,1994).

A discussão a seguir, baseada na figura 2, pretende fornecer os subsídios básicos à compreensão de como chegou-se à situação atual, corresponde mais a uma

linha de raciocínio do que a uma descrição precisa da evolução das organizações. A idéia é representar as diversas etapas pelas quais as organizações sofreram mudanças significativas e sintetizar a necessidade da integração organizacional e da eliminação dos desperdícios frente as exigências impostas pelo mercado.

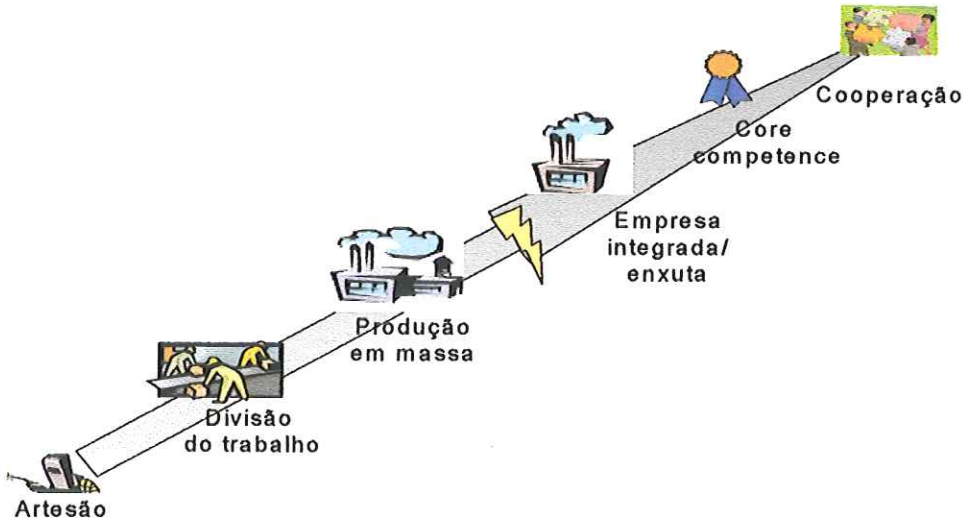


FIGURA 2: Evolução das organizações

É possível dizer que existiram algumas etapas distintas em termos de evolução das organizações. Sendo a primeira etapa a da produção artesanal, onde o cliente era atendido de maneira customizada, não havia tanta complexidade em termos de gestão e a tecnologia não era avançada. O artesão fabricava sob encomenda e era responsável por todas as atividades básicas da organização, incluindo planejamento, produção, administração dos materiais e recursos financeiros, entre outras.

Após esta fase, as organizações cresceram e chegou-se a fase da divisão do trabalho, onde a produção começava a ser organizada em função de habilidades e atividades específicas. O objetivo era desenvolver e aproveitar ao máximo essas habilidades, e para tal, a padronização de certas tarefas se fez necessário. Os produtos

também começaram a ser padronizados e não mais feitos sob encomenda. Esta época pode ser considerada como sendo a época do surgimento da Administração Científica, teoria administrativa caracterizada pelas obras de Taylor e Fayol (ESCRIVÃO,1995).

Na etapa seguinte, as organizações cresceram ainda mais, o mercado consumia tudo o que era produzido, foi a época da produção em massa. Nessa época, o objetivo era produzir ao máximo uma série de produtos idênticos, conseguindo assim reduzir custos e atender a uma parcela ainda maior de clientes. Os concorrentes eram poucos e os clientes não tinham muitas opções a fazer e requisitos a exigir. Em termos de gestão, as grandes organizações começaram a adotar uma divisão departamental. Segundo o mesmo raciocínio da divisão do trabalho, surgiram os departamentos de compras, de marketing, de finanças, de produção, de vendas, entre outros. Essa departamentalização das organizações foi a forma encontrada para se gerenciar toda a complexidade resultante do crescimento das empresas. Cada departamento possuía suas metas de desempenho a serem cumpridas, e como o mercado absorvia as ineficiências geradas por este tipo de gestão, não era preocupação melhorá-lo. Esta época pode ser caracterizada pelo estilo de administração de Henry Ford, onde era oferecido apenas um modelo de carro e em uma única cor, isto para aumentar ao máximo a eficiência dos processos produtivos.

A tecnologia começava a avançar e os primeiros resultados vieram a atender justamente a estes departamentos de maneira específica. Os centros de processamento de dados ofereciam soluções específicas e direcionadas a cada departamento, isso gerava uma série de inconsistências e duplicidade de tarefas.

Com o surgimento de novos concorrentes, o poder foi passando para o lado dos consumidores. Era preciso agora atender as exigências de custo, qualidade e tempo. O mercado deixou de ser "vendedor" para se tornar "comprador", isto é, deixou de ser regido pelos fornecedores e passou às mãos dos clientes. As empresas tiveram então que realizar uma série de transformações para sobreviverem.

A primeira etapa subseqüente à ruptura, ou à transferência de poder no mercado, pode ser representada pela época onde surgem os paradigmas das empresas integradas e enxutas. O nome empresa integrada se refere principalmente a percepção de que a visão departamental, apesar de oferecer uma melhor facilidade em termos gerenciais, gerava conflitos que acabavam minando os objetivos globais da empresa.

Neste momento, a tecnologia de informação passa a ser um elemento muito importante, pois o elemento que faz a ligação entre os diversos departamentos da organização é justamente a informação.

Para as organizações, a integração se materializou pela adoção da visão por processos de negócio. Processos de negócio representam um conjunto de atividades interdepartamentais que fluem através da organização e que tem um objetivo definido (ROZENFELD, 1996). A disseminação dos softwares ERP *(Enterprise Resource Planning*), viabilizada pelo aumento de capacidade de processamento dos computadores e pelo surgimento de novas arquiteturas computacionais, auxiliou a adoção da visão por processos de negócio e a integração entre os departamentos da empresa.

Integração de empresas diz respeito a facilitar os fluxos de informações e materiais dentro das fronteiras organizacionais, conectando todas as funções e entidades funcionais necessárias, com o objetivo de melhorar a comunicação, a cooperação e a

coordenação por toda a empresa de forma que ela trabalhe como um todo integrado, permitindo ganhos de produtividade, flexibilidade e capacidade. Logo, a integração é uma maneira de romper as barreiras organizacionais criadas pelos princípios tradicionais dos modelos de gerenciamento baseados em departamentos e hierarquias (VERNADAT,1996).

O paradigma da produção enxuta, adotado pelas organizações como resposta às pressões exercidas pelo mercado, também pode ser considerado como parte de uma etapa pós-ruptura. O surgimento deste paradigma ocorreu no Japão por volta das décadas de 60 e 70. No entanto, o despertar para estes conceitos por parte do mundo ocidental veio a ocorrer apenas no final da década de 80, em especial com o lançamento de um livro onde se publicaram os resultados de uma pesquisa realizada pelo *Massachuets Institute of Technology* (MIT) acerca do desempenho superior das empresas automotivas japonesas, mais especificamente da Toyota, frente às empresas automotivas americanas. Nesta época os americanos começaram a sentir as ameaças dos concorrentes japoneses, que prosperavam significativamente no mercado americano (WOMACK & JONES, 1992).

A produção enxuta engloba uma série de práticas e técnicas de manufatura, tendo como objetivo principal, a eliminação dos desperdícios ao longo do sistema produtivo. Entre as principais técnicas é possível citar: as células de manufatura, o fluxo contínuo de peças, a utilização de mecanismos de prevenção de defeitos, a qualidade total, os sistemas de troca rápida de ferramentas e muitas outras.

Para compreender o fenômeno da produção enxuta é preciso analisar a situação em que se encontrava o Japão após a Segunda Guerra Mundial, destruído

economicamente e com um mercado que não tinha o mesmo poder de consumo que o dos Estados Unidos. Ao contrário das empresas automotivas americanas, as japonesas precisavam produzir com poucos recursos uma pequena quantidade de produtos e uma grande variedade de modelos para atender ao mercado japonês. Enquanto os americanos buscavam a redução de custos se baseando em economias de escala, os japoneses procuraram analisar sistematicamente os processos produtivos e buscaram a eliminação de todos os tipos de desperdícios que acarretavam em custos desnecessários.

Na figura 2, os paradigmas de integração e da produção enxuta foram colocados como sendo partes de uma mesma etapa, isso não só porque representam maneiras de responder às pressões impostas pelo mercado, mas também porque, adotando-se uma perspectiva sistêmica para analisá-los, é possível perceber que ambos se baseiam nos mesmos princípios. Estes princípios dizem respeito aos benefícios que podem ser alcançados através da análise e percepção dos diversos relacionamentos entre as partes que compõe um determinado sistema, sejam elas departamentos organizacionais ou máquinas produtivas.

Por exemplo, na produção enxuta, para se obter um fluxo contínuo de materiais ou criar uma célula de manufatura, é preciso que as máquinas estejam balanceadas e sejam vistas como parte de um conjunto maior, essa integração permite a eliminação de um tipo de desperdício que são os estoques em processamento. Na empresa integrada, a adoção de uma visão baseada em processos de negócio visa eliminar as barreiras departamentais que geram conflitos e desperdícios.

A etapa seguinte da nossa linha de raciocínio, a de "*core competence*", demonstra uma situação que vem sendo vivenciada pelas empresas. Elas estão menos

verticalizadas, isto é, ao invés de produzirem por conta própria tudo o que necessitam, elas têm se tornado mais especializadas, focando no "*core competence*", e buscando fornecedores que atendam seus requisitos de qualidade, custos e prazos (PRAHALAD & HAMMEL, 1997). Enquanto a terceirização busca repassar a outras empresas atividades de suporte como restaurante, limpeza e segurança, o "*outsourcing*" repassa a outras empresas atividades mais importantes como por exemplo logística, manutenção de sistemas de informação, e até mesmo a produção. A prática do "*outsourcing*" encoraja o desenvolvimento das habilidades competitivas tanto da empresa como de seus fornecedores e aumenta a dependência mútua entre eles.

A última etapa demonstra aspectos ligados a cooperação entre as empresas, onde diferentes entidades buscam se unir para obter benefícios comuns e responderem de forma mais efetiva às pressões de mercado. O objetivo da cooperação é maximizar a competitividade da empresa assim como da rede da qual ela faz parte. As empresas têm percebido que quando interagem umas com as outras, todas podem se beneficiar.

Entre as atividades de cooperação pode-se destacar desde o envolvimento entre clientes e fornecedores para o desenvolvimento de um novo produto à integração da cadeia de suprimentos, com o compartilhamento de informações sobre previsões de demanda, planos de produção e posição dos níveis de estoques, entre as empresas constituintes da cadeia. Isso se torna viável graças aos recursos de tecnologia de informação disponíveis atualmente.

Percorrendo-se a linha de raciocínio da figura 2, nota-se que a complexidade das organizações foi aumentando ao longo do tempo. A complexidade de

um determinado sistema pode ser explicada em função das seguintes razões: pelo número de entidades e variáveis abordadas ou que fazem parte do sistema; pelo relacionamento e a interação entre essas entidades e variáveis; e pelas incertezas e variáveis aleatórias que podem ocorrer e afetam o comportamento do sistema (VERNADAT,1996).

Para exemplificar, era muito mais fácil e simples para um artesão desempenhar as atividades básicas e essenciais de uma organização: analisar e atender as necessidades dos clientes, adquirir material e equipamentos, programar e realizar a produção, entregar os pedidos, do que para uma rede de empresas. Novamente, percebe-se que o elemento que possibilitou às empresas a lidarem com esse aumento da complexidade foi a tecnologia.

Traçado o contexto para a compreensão das razões que ocasionaram o surgimento e a necessidade das cooperações entre as empresas, principalmente as de ordem econômicas e tecnológicas, serão detalhados a seguir os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, produção enxuta e modelagem de empresas.

2.1. Gestão da Cadeia de Suprimentos

2.1.1. Conceitos e definições

O conceito de *Supply Chain Management* (SCM), ou Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) começou a se desenvolver apenas no início dos anos 90. Mesmo em nível internacional, são poucas as empresas que já conseguiram implementá-lo com sucesso, e, em nível acadêmico, o conceito ainda pode ser considerado em construção. Existem inclusive profissionais que consideram o SCM como apenas um novo nome,

uma simples extensão do conceito de logística, isto é, uma ampliação da atividade logística para além das fronteiras organizacionais, na direção dos fornecedores e clientes na cadeia de suprimentos (MABERT,1998).

O crescente número de participantes atuando num ambiente competitivo e de pouca coordenação é a principal razão para o crescimento dos custos. A solução para esse problema passa necessariamente pela busca de maior coordenação e sincronização, mediante um processo de cooperação e troca de informações. O avanço da informática criou as condições ideais para implementar processos eficientes de coordenação. É exatamente esse esforço que está sendo denominado de *Supply Chain Management* ou Gestão da Cadeia de Suprimentos (FLEURY,2000).

O conceito de logística assume um papel muito importante no que tange ao gerenciamento da cadeia de suprimentos. Segundo o *Council of Logistics Management*, "a logística é a parcela do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implanta e controla o fluxo eficiente e eficaz de matéria-prima, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos dos clientes" (CLM, 2001).

Entre as empresas melhor posicionadas atualmente, estão aquelas que estenderam a sua atuação para além das fronteiras organizacionais, envolvendo participantes externos que são parceiros na cadeia de suprimentos. Os membros dessas equipes coordenam, comunicam e cooperam de forma intensiva. Como exemplos é possível citar a DELL, o Wal-Mart e a própria Toyota (HAMMEL,2000). A DELL revolucionou o mercado de computadores adotando um modelo de vendas direta e consegue atualmente medir seus níveis de estoques em horas. O Wal-Mart disponibiliza

a seus fornecedores dados dos pontos de venda e obtêm uma série de vantagens em função disso, desde a redução de custos de controlar os estoques a maior disponibilidade e confiabilidade de entregas. A Toyota também possui uma relação bem próxima com seus fornecedores e este é um pressuposto para a eliminação dos desperdícios e implementação da produção enxuta.

HANDFIELD & NICHOLS (1999) definem que "uma cadeia de suprimentos compreende todas as atividades associadas ao fluxo e transformação dos produtos desde o estágio de material bruto (extração), até o consumidor final, incluindo ainda o fluxo de informações". Segundo eles, "o gerenciamento de uma cadeia de suprimentos corresponde a integração destas atividades a partir de melhores relacionamentos entre os membros da cadeia de suprimentos, visando o alcance de vantagens competitivas."

Para PIRES (1998) a GCS é vista como uma abordagem que contempla "uma visão expandida, atualizada e, sobretudo holística da administração de materiais tradicional, abrangendo a gestão de toda a cadeia produtiva de uma forma estratégica e integrada". Trata como todas as empresas da cadeia produtiva devem se posicionar estrategicamente em função dos membros que compõe toda a cadeia, buscando "maximizar as potenciais sinergias entre as partes da cadeia produtiva, de forma a atender o consumidor final mais eficientemente, tanto através da redução de custos como através da agregação de mais valor aos produtos finais, alcançando maior valor para a cadeia como um todo, e não só para a empresa isoladamente".

CHRISTOPHER (1998) também acredita que a função principal da gestão da cadeia de suprimentos é a de propiciar tanto uma redução de custos como uma

ampliação do nível de serviços. Segundo ele, isto é possível graças a expansão da lógica de integração para fora dos limites tradicionais das empresas.

Basicamente então, percebe-se que uma cadeia de suprimentos é formada por uma série de entidades de negócios, autônomas ou semi-autônomas, que através de relacionamentos de fornecimento e demanda, produzem bens ou serviços para os consumidores finais. E que o gerenciamento dos elos que ocorrem entre as empresas podem contribuir significativamente para a obtenção de vantagens competitivas por parte de todas as empresas constituintes da cadeia.

O tópico a seguir apresenta algumas das principais tipologias e classificações encontradas na literatura.

2.1.2. Tipos e classificações

Apesar da variabilidade de estruturas, produtos, processos e empresas, é possível estabelecer e classificar alguns tipos básicos de cadeias de suprimentos.

LAMBERT *et al.* (1998) procuram classificar uma cadeia de suprimentos levando em consideração três aspectos: os componentes que fazem parte da cadeia, a estrutura da cadeia e os tipos de relacionamento entre os membros. A figura 3 mostra a inter-relação entre estes três aspectos.

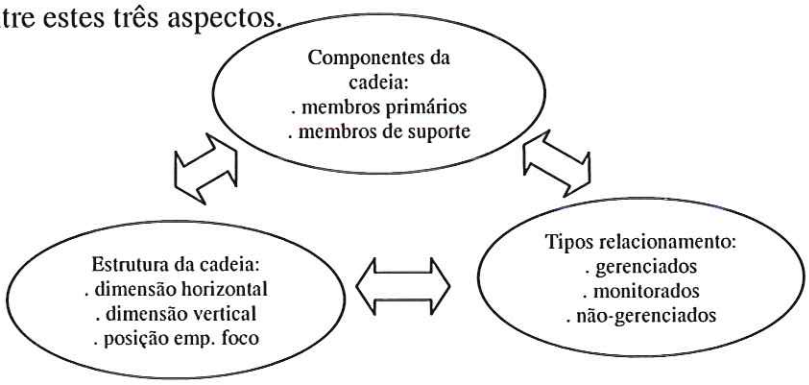


FIGURA 3: Aspectos relacionados à cadeia de suprimentos (adaptado de LAMBERT *et al.*,1998).

A fim de esclarecer melhor estes aspectos, é fornecida uma breve descrição a respeito de cada um deles, segundo LAMBERT *et al.* (1998):

1. Componentes da cadeia: é necessário identificar quais empresas pertencem a cadeia. Incluir todos os membros pode aumentar a complexidade da rede a ser tratada, tendo em vista o número de membros que podem vir a ser adicionados em cada nível. Integrar e gerenciar todos os relacionamentos ao longo de uma cadeia, pode ser em muitos casos contraproducente, senão impossível. A chave é identificar quais membros são críticos ao sucesso da empresa e da cadeia, e que então irão receber a atenção e os recursos necessários. Para gerenciar uma rede complexa de empresas se faz necessário distinguir entre membros primários e membros de suporte, sendo:

a. membros primários: as empresas autônomas ou unidades estratégicas de negócio que desempenham atividades gerenciais ou operacionais projetadas a fim de fornecer algum resultado específico para um particular cliente ou mercado;

b. membros de suporte: empresas que provêm recursos, conhecimentos e equipamentos aos membros primários. São importantes contribuidores, mas não participam diretamente no processo de agregação de valor, isto é, transformando entradas em saídas para o consumidor final.

2. Estrutura da cadeia: três estruturas dimensionais são essenciais ao se descrever, analisar e gerenciar uma cadeia de suprimentos. Essas dimensões são:

a. dimensão horizontal: diz respeito ao número de níveis ou camadas ao longo da cadeia. A cadeia pode ser longa, com vários níveis, ou curta, com poucos níveis;

b. estrutura vertical: diz respeito ao número de clientes ou fornecedores representados em cada nível. Uma empresa pode ter uma estrutura estreita com poucos clientes e fornecedores, ou ampla, com vários clientes e fornecedores;

c. posição relativa da empresa foco em relação aos extremos da cadeia: ela pode estar localizada mais próxima as fontes de fornecimento ou mais próxima aos pontos de consumo, ou em algum lugar entre esses pontos. Empresa foco é a empresa a partir da qual as análises em relação a cadeia são realizadas.

O aumento ou diminuição do número de clientes e fornecedores pode alterar a estrutura da cadeia. Cadeias de suprimentos que explodem em muitos clientes ou fornecedores logo no primeiro nível vão necessitar de muitos recursos e limitar o número de relacionamentos que a empresa foco pode integrar e gerenciar além do primeiro nível. Em geral, empresas com estruturas imediatas amplas, gerenciam apenas uns poucos clientes ou fornecedores de segundo nível. Como exemplo, pode-se citar os casos em que ocorrem as transferências da relação com pequenos consumidores para distribuidores, movendo-os mais para baixo na cadeia em relação à empresa foco. O mesmo princípio pode ser aplicado à rede de fornecimento da empresa foco, ao se optar por reduzir o número de fornecedores.

Essa estrutura varia tendo em vista que a perspectiva de cada empresa foco é diferente. Logo, a estrutura da cadeia de suprimentos é arbitrária. Mas, como cada empresa pertence a mesma cadeia de outra, é importante perceber os diferentes papéis, inter-relações e perspectivas. A razão para isso é que a integração e o gerenciamento dos relacionamentos além das fronteiras organizacionais serão bem sucedidos somente se fizerem sentido para ambas as perspectivas.

3. **Tipos de relacionamentos:** como notado anteriormente o gerenciamento centralizado e a integração de todos os processos de negócio através de toda a cadeia de suprimentos não é algo apropriado. Tendo em vista que os direcionadores que motivam a definição do tipo de relacionamento entre as empresas são situacionais e variam para cada relacionamento, alguns relacionamentos serão mais críticos do que outros. Como conseqüência, é importante a tarefa de alocar os recursos ao longo dos diferentes processos e relacionamentos. Segundo LAMBERT *et al.* (1998) são três os tipos principais de relacionamentos entre os membros:

a. **relacionamentos gerenciados**: representam os tipos de relacionamentos críticos, onde a empresa foco integra um processo com um ou mais fornecedores ou clientes. Isso ocorre em colaboração com as outras empresas. Podem ocorrer além do primeiro nível.

b. **relacionamentos monitorados**: esses processos em geral não são críticos para a empresa foco, no entanto é importante que esses processos funcionem de forma controlada. Logo, a empresa foco, tendo em vista a freqüência necessária, simplesmente monitora e avalia o relacionamento.

c. **relacionamentos não-gerenciados**: são onde ocorrem elos de ligação em que não existe a preocupação da empresa em gerenciar ou monitorar o desempenho dos processos. Por exemplo, uma empresa que manufatura jogos de tabuleiro, certamente não se preocupará em integrar e monitorar os fornecedores das árvores que dão origem ao papel do fornecedor de primeiro nível.

LIN & SHAW (1998) identificaram três estruturas típicas de cadeias de suprimentos. Foram consideradas características e atributos mais abrangentes como os

processos produtivos, os objetivos do negócio, as etapas de diferenciação dos produtos, a quantidade de modelos fabricadas, os processos de montagem, o ciclo de vida dos produtos e o tipo de inventário principal. A tabela 1 apresenta estes atributos e as características de cada um em relação aos três tipos de estrutura propostos.

TABELA 1: Os três tipos de cadeias de suprimentos (Fonte: LIN & SHAW, 1998)

Atributos	TIPO I	TIPO II	TIPO III
1.Processos produtivos	Montagem convergente	Montagem divergente	Diferenciação divergente
2.Objetivo primordial	Produção Enxuta	Customização	Resposta rápida
3.Diferenciação do produto	Cedo	Tarde	Tarde
4.Número de modelos do produto	Poucos	Muitos	Muitos
5.Processo de montagem	Concentrado no estágio de manufatura	Distribuído ao longo do estágio de distribuição	Concentrado no estágio de manufatura
6.Ciclo de vida do produto	Anos	Meses a anos	Semanas a meses
7.Tipo do inventário principal	Produtos finais	Produtos semi-manufaturados	Material bruto

Em cadeias de suprimentos do tipo I, geralmente a empresa principal desempenha os processos de montagem dos produtos finais. Devido ao custo elevado dos componentes dos produtos, o estoque existente entre as entidades geram custos significativos. Os fornecedores e clientes cooperam utilizando abordagens just-in-time, de maneira a reduzir a quantidade de estoques entre as entidades. Os processos de manufatura dependem da utilização de equipamentos de capital intensivo e de um grande número e variedade de peças.

Os produtos finais são gerados no estágio de montagem e essa diferenciação antecipada envolvendo os modelos dos produtos aumenta a dificuldade em satisfazer demandas específicas dos consumidores utilizando abordagens de

produção sob encomenda. O estoque de produtos acabados é o mais significativo em termos de custos.

A maioria dos processos de manufatura e montagem neste tipo de cadeia de suprimentos se constitui em processos convergentes, onde um grande número de peças são montadas em um número relativamente baixo de produtos finais. O ciclo de vida destes produtos varia de um a alguns anos. Exemplos típicos deste tipo de cadeia são encontrados no setor automotivo e aeroespacial.

Em cadeias do tipo II, a empresa principal geralmente detém a responsabilidade pelas montagens finais e pelas entidades de distribuição. Os processos de montagem são realizados basicamente em dois estágios: o primeiro envolve processos complexos de fabricação de componentes e o segundo a montagem destes componentes em produtos finais customizados, que são realizados nos distribuidores.

Este atraso na diferenciação dos produtos serve de estratégia para o processo de customização em massa. O processo de manufatura nas fábricas pertence a uma abordagem divergente de montagem, onde os componentes são comuns a diferentes modelos e podem ser combinados em um grande número de produtos finais. O estoque de componentes intermediário para utilização em montagens futuras representa o principal custo de estoque.

Geralmente, os ciclos de vida dos produtos nestes tipos de cadeia variam de alguns meses a poucos anos. Para atender a demanda por produtos customizados, uma estratégia *make-to-order* se mostra adequada, mas no entanto o aumento do leadtime pode acabar prejudicando o nível de serviço ao cliente.

Logo, o principal desafio encontrado por estes tipos de cadeia diz respeito ao desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a redução do leadtime para a obtenção dos produtos customizados. Como exemplo para este tipo de cadeia é possível citar as empresas de produtos eletro-eletrônicos e de equipamentos de informática.

Em uma cadeia de suprimentos do tipo III, geralmente a empresa principal comanda as operações de montagem final e distribuição. O mercado em que atua esta cadeia está em constantes mudanças, e o aspecto chave para se adaptar a este ambiente é responsividade.

Como os processos produtivos principais utilizam uma abordagem de diferenciação divergente, os modelos de produtos são diferenciados nos estágios iniciais de manufatura. A variedade dos modelos e as rápidas mudanças no mercado encurtam o ciclo de vida dos produtos, que variam de semanas a meses. Os aspectos mais relevantes para o gerenciamento de cadeias deste tipo dizem respeito a como responder rapidamente as novas exigências do mercado integrando a cadeia de suprimentos. Um exemplo deste tipo de cadeia é a de vestuário e produtos de moda.

FISHER (1997) considera a existência de apenas dois tipos de cadeias de suprimentos, as que buscam responsividade e as que buscam eficiência. Segundo ele, o tipo de produto, classificado em funcional ou inovador, com base em algumas características como margem de contribuição, ciclo de vida, demanda, variedade e lead-time, é que determina qual deve ser o tipo de cadeia.

Produtos funcionais são aqueles que satisfazem as necessidades básicas dos clientes, não mudam muito ao longo do tempo, possuem uma demanda

relativamente estável e previsível com longos ciclos de vida. Essa estabilidade resulta em grande competição, o que acaba gerando baixas margens de lucro. Essas características fazem com que as cadeias de suprimentos que operam com tais produtos busquem ser altamente eficientes visando a redução dos custos para a manutenção dos lucros.

Já os produtos inovadores, que como o próprio nome diz, referem-se a produtos novos ou recém-lançados, possuem uma demanda imprevisível e com ciclos de vida geralmente mais curtos, as margens acabam sendo maiores e o fator chave é a responsividade. A capacidade de responder rapidamente a demanda, com a integração entre as empresas da cadeia, faz com que prejuízos sejam evitados com o excesso de produtos e que lucros deixem de ser auferidos pela falta dos mesmos. O ideal é que a oferta consiga ser equalizada à demanda, e por isso a capacidade de perceber as reações do mercado rapidamente é fundamental.

O foco da proposta de classificação definida por BENSAOU (1999) se baseia nos relacionamentos que ocorrem entre as empresas que participam de uma mesma cadeia. Ele sugere que para uma gestão eficaz da cadeia de suprimentos, as empresas devem buscar concentrar seus esforços na determinação de um portfolio de relacionamentos entre clientes e fornecedores que estejam de acordo com as características dos produtos, do mercado e do próprio parceiro comercial. São apresentados como referência quatro tipos de relacionamentos: *intercâmbio de mercado*, *parceria estratégica*, *dependência no fornecedor* e *dependência no comprador*. Gerenciar adequadamente a cadeia consiste em adequar corretamente os recursos aos

relacionamentos mais importantes, a gerência deve estar apta a adaptar suas práticas a estes relacionamentos.

Um relacionamento classificado como *intercâmbio de mercado* apresenta produtos altamente padronizados, produzidos segundo uma tecnologia madura e com poucas mudanças ou inovações. Não há necessidade de customização para os clientes. São requeridos poucos esforços de engenharia e projeto, e os investimentos financeiros são relativamente baixos. Em relação as características do mercado, pode-se dizer que a demanda é tipicamente estável, que existem muitos fornecedores qualificados e a competição entre eles é elevada. Para os clientes os custos de troca das fontes de fornecimento são baixos. Sob a perspectiva de uma grande empresa, pode-se citar que o relacionamento que ela possui com um fornecedor de parafusos é deste tipo.

Um relacionamento classificado como *parceria estratégica* apresenta produtos com alto grau de customização, alto grau de inovação e tecnicamente complexos. Ajustes mútuos entre clientes e fornecedores são necessários em processos chaves. Altos conhecimentos de engenharia e projeto são requeridos e os investimentos financeiros são elevados. O mercado típico em que estão inseridos estes produtos e parceiros apresentam uma demanda com altas taxas de crescimento, competitivo e concentrado em poucos e grandes fornecedores.

Um relacionamento classificado como *dependência no fornecedor* apresenta um poder de barganha e influência concentrados na parte que fornece os produtos. Estes produtos são geralmente complexos tecnicamente, baseados em tecnologia madura e conhecida, com poucas inovações ou melhorias. A demanda é

estável e apresenta um crescimento limitado, o mercado é concentrado com poucos e estabelecidos participantes. A tecnologia é de propriedade dos fornecedores.

Um relacionamento classificado como *dependência no cliente* apresenta produtos tecnicamente complexos baseado em tecnologias desenvolvidas pelos fornecedores com elevados graus de investimento. O mercado apresenta taxas elevadas de crescimento e a competição é acirrada com trocas freqüentes de fornecedores. O poder de barganha e influência é centrado nos clientes.

Em resumo, BENSAOU (1999) propõe uma forma de se compreender a cadeia levando em conta aspectos muitas vezes deixados em segundo plano, mas que são de extrema importância ao se tratar os relacionamentos que ocorrem entre as empresas. Em se tratando de cadeias de suprimentos, o poder que cada membro é capaz de exercer sobre as decisões que serão tomadas é um importante fator para determinar a viabilidade de soluções que visem o compartilhamento dos benefícios e garantam a implementação. A tabela 2 sintetiza as classificações propostas por BENSAOU (1999).

TABELA 2: Matriz dos tipos de relacionamentos (Fonte: BENSAOU,1999)

Investimentos específicos dos compradores	Alto	**Dependência no fornecedor** *Características dos produtos* • Tecnicamente complexos • Baseados em uma tecnologia madura e conhecida • Poucas inovações ou melhorias de produto *Características do mercado* • Demanda estável com crescimento limitado de mercado • Mercados concentrados com poucos e estabelecidos participantes • Compradores mantêm uma capacidade interna de manufatura *Características dos fornecedores* • Grandes estabelecimentos de fornecimento • Tecnologia de propriedade dos fornecedores • Poucos e fortes fornecedores estabelecidos • Alto poder de barganha • Produtores de carro dependem fortemente desses fornecedores, suas tecnologias e habilidades	**Parceria estratégica** *Características dos produtos* • alto grau de customização requerido • mais próximo a principal competência do comprador • ajustes mútuos necessários em processos chaves • parte tecnicamente complexa ou sub-sistema integrado • baseado em novas tecnologias • inovação tecnologia, produto ou processos • mudanças freqüentes de projeto • altos conhecimentos em engenharia são requeridos • elevados investimentos de capital são requeridos *Características do mercado* • demanda alta e mercado com alta taxa de crescimento • mercado muito competitivo e concentrado • mudanças freqüentes de competidores devido a instabilidade ou falta de projeto dominante • compradores mantêm capacidades de projeto e testes *Características dos parceiros* • grandes fontes de fornecimento • forte tecnologia proprietária do fornecedor • pesquisa e inovação ativas • altas e reconhecidas habilidades em projeto, engenharia e manufatura.
	Baixo	**Intercâmbio de mercado** *Características dos produtos* • Produtos altamente padronizados • Tecnologia madura • Pouca inovação e raras mudanças de projeto • Produto tecnicamente simples ou processo de manufatura complexo, mas muito bem estruturado • Pouca ou nenhuma customização para o produto final do comprador • Poucos esforços de engenharia e expertise requeridos • Poucos investimentos financeiros *Características de mercado* • Demanda estável ou em declínio • Mercado altamente competitivo • Muitos fornecedores qualificados • Sempre os mesmos participantes *Características dos fornecedores* • Pequenas lojas • Tecnologia comum • Poucos custos de troca • Pouco poder de barganha • Forte dependência econômica do setor automotivo	**Dependência no comprador** *Características dos produtos* • produtos tecnicamente complexos • baseados em novas tecnologias (desenvolvidas pelos fornecedores) • inovações freqüentes e importantes e novas funcionalidades na categoria do produto • esforços e competências significativos em termos de engenharia • elevados investimentos requeridos *Características de mercado* • segmento de mercado com elevadas taxas de crescimento • competição acirrada • poucos participantes qualificados • mercado instável com trocas entre fornecedores *Características dos fornecedores* • elevada tecnologia proprietária dos fornecedores • fornecedores com elevadas capacidades financeiras e habilidades em P&D; • pouco poder de barganha dos fornecedores • elevada dependência do comprador e dependência econômica no setor automotivo em geral
		Baixo	Alto
		Investimentos específicos dos fornecedores	

Pela tabela 2 percebe-se que diversos parâmetros podem vir a ser utilizados para se analisar uma cadeia de suprimentos. A propriedade e o nível de tecnologia utilizada na fabricação dos produtos, por exemplo, é um fator que influencia o custo de troca que ocorre quando a empresa altera sua base de fornecedores.

A tabela 3 apresenta as diferentes abordagens propostas pelos autores referenciados acima em relação a três dimensões praticamente comuns entre eles: a estrutura, os produtos e os relacionamentos.

TABELA 3: Dimensões relativas a cadeia de suprimentos por autor.

	DIMENSÕES RELATIVAS À CADEIA DE SUPRIMENTOS			
AUTORES	ESTRUTURA	PRODUTOS	RELACIONAMENTOS	OUTRAS
LAMBERT, D.M.; COOPER, M.C.; PAGH, J.D. (1998)	- Vertical - Horizontal - Posição empresa foco	Não trata	- Gerenciados - Monitorados - Não-gerenciados	- Membros primários - Membros secundários
LIN, F. & SHAW M. (1998)	- Tipo I - Tipo II - Tipo III	-Processos produtivos - Etapa de diferenciação - Processo de montagem - Ciclo de vida - Variedade	Não trata	-Objetivo da cadeia - Inventário principal
FISHER, M.L. (1997)	Não trata	- Comportamento da demanda - Ciclo de vida - Margem de contribuição - Variedade	Não trata	Função da cadeia: - *Eficiente* - *Responsiva*
BEANSOU, M. (1999)	Não trata	- Complexidade - Tecnologia	- Intercâmbio de Mercado - Parceria estratégica - Dependência no fornecedor - Dependência no cliente	- Mercado - Demanda - Poder de barganha

Como pode ser notado, existem diferenças significativas de tipologias e classificações propostas. Cada uma enfatiza de forma diferenciada os diversos componentes e aspectos que podem ser analisados em se tratando de cadeias de suprimentos. Percebe-se que em alguns casos há uma complementação das colocações, em outros, uma sobreposição e similaridade de idéias, e em outros chega-se até a uma oposição entre as considerações.

Estas observações e propostas definidas por estes autores constituem elementos importantes para a identificação de quais variáveis são críticas à compreensão de uma cadeia de suprimentos e que portanto devem ser consideradas pelo método de modelagem. Isto é, constituem os requisitos iniciais para a definição do que deve ser modelado e como.

2.2. Produção Enxuta

2.2.1. Histórico

Após a Segunda Guerra Mundial o Japão estava destruído economicamente e as características do mercado eram bem diferentes do que se via nos Estados Unidos. A produção de modelos mistos e em pequenos lotes era um requisito mandatório e, liderados principalmente pela Toyota, o Japão teve a habilidade de se desenvolver perante ao que era exigido para o seu crescimento. A economia japonesa também resistiu com sucesso à crise do petróleo dos anos setenta e isso foi atribuído à alta produtividade de sua indústria (SHINGO, 1996; OHNO, 1997).

Inicialmente, a Toyota procurou remover as ineficiências entre as atividades de processamento, inspeção e transporte. Feito isso, atacou o problema da estocagem a fim de eliminar a geração de estoques intermediários e produtos acabados ao longo do processo de produção.

O termo produção enxuta surgiu de estudos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) para representar toda essa nova filosofia de produção baseada nas técnicas introduzidas pela Toyota. Com o aumento da competição e a mudança das exigências do mercado, o modelo da Toyota abalou diversas companhias americanas e

foi consagrado como modelo de sucesso. Os estudos do MIT visaram basicamente decifrar quais eram os fundamentos dos sistemas japoneses de produção.

Cabe aqui uma ressalva quanto a utilização dos termos JIT (just-in-time) ou produção enxuta. Segundo SLACK et al. (1997), a abordagem JIT deve ser compreendida em dois níveis, um se refere a compreensão da filosofia e o outro a compreensão do conjunto de ferramentas e técnicas que fazem parte do elenco de práticas comumente implementadas. Vários erros foram cometidos pelos ocidentais na busca pelo entendimento dos sistemas japoneses e a principal razão é justamente em função da confusão entre as técnicas e os princípios. Isto porque para a aplicação das ferramentas e técnicas do JIT, ao contrário dos princípios, que se aplicam a qualquer sistema produtivo, requerem uma série de condições e particularidades para serem implementadas.

Apesar da necessidade exposta por SLACK et al. (1997) de se tratar o JIT em dois níveis de compreensão, ele está, por parte das empresas, muito mais associado as técnicas do que a filosofia. Já o termo produção enxuta remete mais diretamente a um conjunto de princípios e filosofias, e por isso foi preferido para ser utilizado neste trabalho.

O tópico a seguir descreve portanto os princípios da produção enxuta, estabelecidos por WOMACK & JONES (1992) e também a teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção, que deu origem a todos os avanços obtidos nesta área.

2.2.2. Princípios e teoria

Segundo WOMACK & JONES (1997) a produção enxuta possui cinco princípios básicos e o objetivo é tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes, desenvolvendo, produzindo e distribuindo produtos com menor esforço humano, espaço, recursos, tempos e despesas globais. A seguir é apresentado um resumo de cada um dos princípios:

Especifique valor: é o ponto de partida e deve ser definido segundo a perspectiva dos clientes finais. Deve-se começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor em termos de produtos e serviços específicos.

Identifique a cadeia de valor: é o conjunto de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento (da concepção ao lançamento), de gerenciamento da informação (recebimento do pedido à entrega), e transformação física propriamente dita (da matéria-prima ao produto acabado).

Fluxo: é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Isso exige uma mudança de mentalidade, o produto e suas necessidades devem ser o foco, e não as máquinas e equipamentos. O objetivo é reduzir as atividades que não agregam valor.

Produção puxada: é fazer o que os clientes (internos ou externos) precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado quando necessário, isso minimiza os desperdícios comumente encontrados em sistemas "empurrados".

Perfeição: fazer os quatro princípios anteriores interagirem em um círculo na eliminação dos desperdícios, especificando valor com precisão, identificando

a cadeia de valor como um todo, fazendo com que os passos da cadeia de valor fluam e os clientes puxem. Isso é possível porque, ao dar condições para que o valor flua, sempre ocorrerá uma exposição de desperdícios ocultos na cadeia de valor.

Da mesma maneira SHINGO (1996) sustenta que a teoria do Sistema Toyota de Produção (STP) baseia-se na eliminação contínua e sistemática das perdas nos sistemas produtivos visando assim a eliminação de custos desnecessários. Segundo ele, o princípio mais significativo e a característica única do STP estão no seguinte fato: visando a eliminação do estoque (anteriormente visto como um mal necessário), vários fatores básicos devem ser exaustivamente explorados e melhorados. A eliminação total do desperdício é o princípio básico do STP. Os desperdícios, considerados perdas, foram classificados em sete, sendo elas:

1. perda por superprodução;
2. perda por transporte;
3. perda por estoques;
4. perda por esperas;
5. perda por produzir produtos com defeito;
6. perda no processamento;
7. perda por movimentos desnecessários;

SHINGO (1996) e OHNO (1997) propõem ainda que os sistemas de produção constituem-se em uma rede funcional de processos e operações: o processo se

refere ao fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço; as operações, à análise da ativação das pessoas e dos equipamentos disponíveis no tempo e no espaço. Essa lógica rompe a visão proveniente do ambiente industrial taylorista / fordista, na qual os processos e as operações eram percebidos como pertencentes ao mesmo eixo de análise. Eles postulam que estas duas formas de visualizar a produção, o processo e a operação, referem-se a dois eixos distintos e inter-relacionados de análise e que os esforços de melhoria dos sistemas produtivos devem priorizar permanentemente uma visão de processo.

O processo é o caminho pelo qual a matéria-prima é transformada em produto e consiste de quatro fenômenos: processamento, inspeção, transporte e estocagem. As operações são as ações efetuadas sobre o material pelos trabalhadores e máquinas. Embora o processo seja realizado através de uma série de operações é um equívoco colocá-los num mesmo eixo de análise porque isso reforça a hipótese errada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte. As melhorias feitas na operação, sem que seja considerado seu impacto no processo podem, na realidade, reduzir a eficiência global. Exemplificando, um aumento da capacidade de uma máquina pode prejudicar a eficiência global do sistema na medida em que ela passa a produzir peças que não são consumidas no mesmo ritmo, gerando mais estoques.

Os fundamentos e princípios do STP e da produção enxuta se materializam devido a implementação sistemática de suas práticas. O tópico a seguir descreve quais são as principais práticas encontradas nos ambientes enxutos expondo suas condições e propósitos.

2.2.3. Práticas associadas

A troca rápida de ferramentas, o kanban, o fluxo unitário de peças, as células de manufatura, o nivelamento e o balanceamento da produção, o gerenciamento visual, os mecanismos de prevenção de falhas ou "poka-yoke" e a formação de grupos de trabalho representam as principais práticas dos sistemas enxutos de manufatura. A qualidade total, a manutenção preventiva total, a padronização dos métodos de trabalho e a separação entre homem e máquina também constituem práticas comumente encontradas nos sistemas enxutos.

O propósito dos mecanismos de troca rápida de ferramentas é reduzir ao máximo os tempos de set-up. Estes tempos não agregam valor e contribuem para os aumentos dos estoques, pois com tempos elevados se faz necessário produzir uma quantidade mínima de produtos. Os tempos de set-up podem ser divididos em internos e externos. Os tempos externos compreendem as atividades que podem ser realizadas com a máquina em operação, como por exemplo o posicionamento próximo das ferramentas e o transporte das matrizes que vão ser trocadas. Os tempos internos correspondem as atividades que só podem ser realizadas com as máquinas paradas, como por exemplo a fixação de matrizes. A redução dos tempos de set-up inclui a identificação dos tempos internos e externos e a transformação dos elementos e atividades que constituem os tempos internos em externos. Reduções significativas foram alcançadas pelos engenheiros da Toyota, trocas que demoravam até 18 horas foram reduzidas para menos de 10 minutos (SHINGO,1996).

O kanban constitui uma das principais técnicas da produção enxuta e nada mais é do que um sistema de chamada de peças que visa "puxar" a produção. Constitui um cartão que fornece as informações de consumo dos processos posteriores aos processos anteriores. É uma forma simples de coordenar a produção onde não é possível produzir em fluxo. O kanban exige que determinadas condições sejam satisfeitas e sua aplicabilidade se restringe a produção de natureza repetitiva. Os níveis de estoque totais são controlados por um número de cartões kanban e os desperdícios são reduzidos porque só se produz o que efetivamente for necessário.

O fluxo unitário de peças é considerado a forma mais eficiente de se produzir determinado produto. Os tempos que não agregam valor são minimizados pois as peças fluem de operação em operação. Quando a produção não é realizada em lote unitário, todas as peças, excluindo a que está sendo processada, estão aguardando o processamento de todo o lote e isso constitui um desperdício. No entanto alguns requisitos são necessários para se produzir em fluxo unitário, os processos necessitam ter uma confiabilidade alta, devem operar em um mesmo ritmo e ter uma proximidade física. A definição de células de manufatura contribui para o fluxo unitário de peças.

As células de manufatura dizem respeito ao arranjo físico das máquinas que deve ser definido segundo a necessidade de operações sobre os produtos. Este tipo de definição contribui para a otimização do transporte entre os equipamentos e para a maximização da utilização da mão-de-obra, que pode operar diversos equipamentos.

O nivelamento e o balanceamento da produção se referem a programação das atividades do chão-de-fábrica. O nivelamento visa a produção de diferentes produtos de forma mista, o objetivo é alcançar um mix de produção que reduza os

estoques de determinados itens e dê uma certa flexibilidade ao sistema. O balanceamento diz respeito a sincronização dos tempos de operação, isso equaliza as cargas de trabalho e reduz os tempos que não agregam valor, como os tempos de espera.

O gerenciamento visual é um elemento bem característico dos sistemas enxutos e o objetivo é permitir a rápida identificação de problemas que possam acontecer, facilitar a organização dos locais de trabalho e auxiliar o fluxo de informações no nível de chão-de-fábrica. Mais importante do que o controle visual é a resolução dos problemas que podem surgir e a implementação de ações que reduzam ao máximo as reincidências destes problemas.

Os mecanismos de prevenção de falhas ou "poka-yoke" têm por objetivo melhorar as atividades de inspeção e garantir que os defeitos sejam eliminados e identificados o mais rapidamente possível. Um exemplo típico de mecanismo "poka-yoke" é o caso das lâminas de barbear da Gilette que não permitem que os usuários as coloquem na posição errada. Várias soluções como estas implementadas em ambientes de manufatura contribuem significativamente para a eliminação de um tipo de desperdício, a fabricação de produtos com defeitos.

Este tópico fornece uma visão das práticas comumente encontradas em ambientes enxutos de manufatura. Algumas dessas práticas necessitam de condições específicas para que sejam implementadas, enquanto que outras se aplicam facilmente a qualquer ambiente de manufatura. O tópico a seguir descreve como a modelagem de empresas permite a compreensão dos complexos sistemas de manufatura facilitando a identificação das condições necessárias para a implementação de melhorias e eliminação dos desperdícios.

2.3. Modelagem em ambientes empresariais

Como visto anteriormente, empresas são sistemas altamente complexos que necessitam ser compreendidos e controlados de forma eficiente e eficaz. A disponibilidade de uma imagem confiável deste sistema auxilia a sua compreensão. Esta imagem é criada a partir da obtenção de modelos, os quais constituem uma representação simplificada do sistema real.

BEUREN (1998) afirma que "a partir da escolha de um grupo de variáveis e uma especificação de suas inter-relações, projetadas para representar um processo ou sistema real, total ou parcialmente, *um modelo é a descrição do funcionamento de um sistema,* representando uma construção em particular, utilizando-se da teoria, a qual lhe serve como suporte conceitual."

Segundo SCHEER (1998) a utilização de modelos para a descrição de fenômenos empresariais pode servir para:

- obter uma maior compreensão da empresa;
- adquirir e registrar conhecimento para uso posterior;
- racionalizar e garantir o fluxo de informações;
- projetar e especificar uma parte da empresa;
- analisar aspectos específicos da empresa;
- simular o funcionamento da empresa;

- auxiliar a tomada de decisões sobre as operações e a organização da empresa;
- auxiliar o desenvolvimento e implantação de soluções de forma integrada;

Em geral, podemos definir como sendo objetivos da modelagem (VERNADAT,1996):

- prover um melhor entendimento e uma representação comum da empresa;
- dar suporte a projetos de estruturação e mudanças dentro da empresa;
- gerar modelos para controlar, coordenar e monitorar as operações da empresa;

Modelos constituem, portanto, uma representação simplificada de determinada realidade, possibilitando o entendimento e viabilizando uma série de atividades, desde uma simples padronização de procedimentos à uma análise mais detalhada para o planejamento de futuras melhorias.

VERNADAT (1996) define um conjunto de princípios que se referem as características das técnicas de modelagem de empresas. Estes princípios servem tanto para a avaliação de técnicas de modelagem existentes, como também para auxiliar a proposição de novas abordagens. São eles:

1. ***Diferenciação de escopo:*** sendo altamente complexo e desnecessário o processo de modelagem de uma empresa como um todo, a técnica de modelagem deve permitir a representação de apenas algumas partes de interesse, deve permitir a abordagem de áreas e domínios específicos, segundo o propósito estabelecido.

2. ***Decomposição funcional:*** segundo este princípio a técnica de modelagem de empresa deve permitir o mapeamento hierárquico de todas as funções da empresa, começando pela definição de funções mais genéricas, decompondo-as num conjunto de sub-funções até a descrição de funções mais detalhadas.

3. ***Modularidade:*** para reduzir a complexidade, facilitando o gerenciamento de alterações, a manipulação e a construção dos modelos, é interessante que a técnica de modelagem permita a definição de módulos que possam ser combinados e utilizados em projetos de modelagem futuros.

4. ***Generalização:*** segundo este princípio a técnica de modelagem deve possibilitar a criação de classes que agrupem os diversos elementos segundo propriedades semelhantes. Assim uma propriedade definida para uma classe é transferida para todos, tendo em vista que muitos elementos, apesar de diferentes, podem possuir as mesmas propriedades.

5. ***Reutilização***: visando reduzir os esforços de modelagem, a técnica deve permitir que os modelos possam ser construídos a partir de partes pré-definidas ou modelos parciais.

6. ***Separação entre comportamento e funcionalidade***: uma técnica de modelagem deve garantir a separação entre as funcionalidades, ou seja, *o que* a empresa faz, do comportamento, ou seja, o *como* ela faz. Esta separação proporciona que modificações sejam realizadas em um aspecto sem que haja impacto no outro e vice-versa.

7. ***Separação entre processos e recursos:*** similar ao item anterior, a técnica de modelagem deve permitir a separação entre processos, no sentido do que deve ser realizado, dos recursos, que podem ser bens materiais ou informações necessárias à realização do processo.

8. ***Conformidade:*** este princípio diz respeito a sintaxe e semântica de representação. Os elementos utilizados pelo método de modelagem devem permitir uma sintaxe e semântica claras, consistentes, não redundantes e capazes de lidar com o domínio de aplicação do modelo em questão.

9. ***Visualização:*** a técnica de modelagem deve proporcionar também uma linguagem de representação gráfica de fácil comunicação e entendimento.

10. ***Simplicidade vs. adequação:*** por um lado podemos ter uma técnica que seja muito simples e não consiga lidar com aspectos mais complexos, e por outro, podemos ter uma técnica mais elaborada, porém que exigirá mais esforço para ser aprendida e utilizada, o ideal é que haja um balanceamento entre simplicidade e adequação.

11.***Gerenciamento da complexidade:*** qualquer técnica de modelagem deve ser capaz de lidar com sistemas de alto grau de complexidade, pois os sistemas organizacionais são complexos por natureza, e para casos mais simples o próprio bom senso e linguagem comum podem substituir a modelagem.

12. ***Rigor de representação:*** o modelo não dever ser ambíguo e muito menos redundante, deve permitir a verificação de propriedades, análises e até mesmo

simulações, para isso é importante que a técnica garanta consistência e rigor sobre o que está sendo modelado.

Pode-se observar que as técnicas existentes hoje para modelagem de empresas ainda estão mais voltadas para a representação e a comunicação, e que as tendências agora são no sentido de se estabelecer regras cada vez mais apropriadas para as análises das empresas. O desafio agora é combinar técnicas de representação com técnicas de análise a fim de se extrair maiores benefícios de ambas. O capítulo a seguir apresenta a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor, cuja combinação entre representação e análise é feita para auxiliar a implementação de sistemas enxutos de produção. O método proposto neste trabalho é baseado nesta técnica e visa auxiliar a eliminação de desperdícios ao longo de uma cadeia de suprimentos. Uma avaliação do MFV segundo os princípios descritos acima é um dos fatores que permitem a definição de novas características que podem ser incorporadas pelo método para que ele cumpra seus objetivos.

3

3. Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma técnica de modelagem voltada para a representação de ambientes de manufatura. O grande diferencial desta técnica está na capacidade de representar simultaneamente o fluxo de materiais e informações dentro de uma empresa, utilizando um conjunto específico de ícones para representação dos processos produtivos e dos sistemas de controle de produção. Um fluxo de valor compreende todas as ações, que agregam valor ou não, necessárias para produzir um produto, desde a matéria-prima ao produto final.

Na Toyota esta técnica era originalmente denominada de "mapeamento do fluxo de informações e materiais", e era utilizada durante o processo de desenvolvimento de sistemas enxutos de manufatura para retratar o estado atual e o estado futuro, ou o ideal. O planejamento de melhorias era feito com base nestes mapas (ROTHERS & SHOOK,1998).

O MFV é uma técnica relativamente simples, utiliza papel e lápis para representar visualmente os processos e auxilia a compreensão do fluxo de materiais e informações na medida em que os produtos percorrem o fluxo de valor. Entre as vantagens desta técnica, é possível destacar:

- permite uma visão ampla de todo o fluxo, e não dos processos isoladamente;
- auxilia a identificação dos desperdícios considerados pela produção enxuta;
- mostra simultaneamente a relação entre os fluxos de materiais e informações;
- fornece uma linguagem simples e comum para tratar os processos de manufatura;
- torna as decisões mais visíveis, permitindo uma discussão prévia das possíveis alternativas de melhoria;
- forma a base de um plano de ações;

Seus princípios baseiam-se na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados ao longo do fluxo produtivo, como por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho e tempos de espera elevados. As etapas básicas que constituem a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor estão representadas na figura 4:

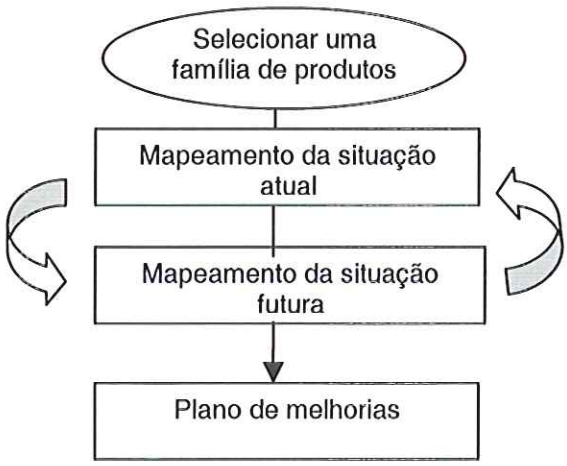


FIGURA 4: Etapas do MFV (Fonte: ROTHERS & SHOOK,1998)

O primeiro passo consiste em selecionar uma família de produtos. Após isso, uma série de instruções é fornecida para a obtenção do mapa da situação atual. Em seguida, uma série de diretrizes serve de base para a análise da situação representada e a construção dos mapas de uma situação futura. As alterações e planos são então propostos com base nestes mapas. A seguir será dada uma descrição acerca de cada uma dessas etapas.

3.1. Mapeamento da situação atual

Para obter o mapa da situação atual é necessário inicialmente coletar informações sobre as demandas dos consumidores. Após isso são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise.

Todos os processos são identificados e algumas informações básicas sobre eles são coletadas a partir de uma caixa de dados padrão. As informações contidas nesta caixa de dados são:

1. Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos.

2. Tempo de trocas (T/TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Envolve por exemplo, o tempo de troca de ferramentas ou set-up.

3. Disponibilidade: tempo disponível por turno no processo, em segundos, descontando-se os tempos de parada e manutenção.

4. Índice de rejeição: índice que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo.

5. Número de pessoas necessárias para operar o processo.

O próximo passo é identificar onde se localizam os estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação, basicamente os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos. Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção nos processos anteriores. Um fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores. Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, é o chamado fluxo unitário de peças.

O fluxo de informações também é mapeado e inclui a programação dos processos, a freqüência com que são realizados os pedidos, as previsões, e as solicitações de material. Apesar do exemplo incluir um fornecedor e um cliente, o foco principal é o comportamento do fluxo interno da empresa que está sendo analisada. O foco na cadeia de suprimentos é justamente o objetivo deste trabalho.

O padrão básico dos mapas de fluxo de valor é mostrado na figura 5, onde é possível observar um fluxo de produtos físicos da esquerda para a direita, na parte inferior do mapa, e um fluxo de informações sobre a programação deste produto, da direita para a esquerda, na parte superior.

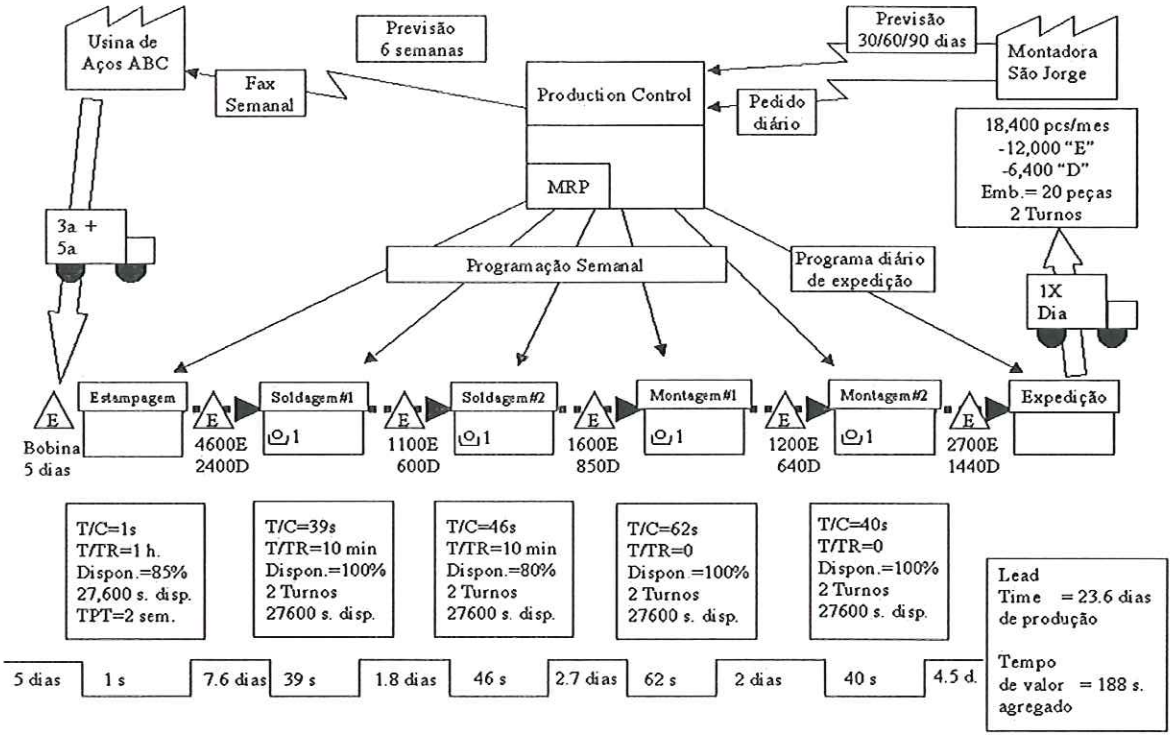


FIGURA 5: Exemplo de um mapa da situação atual
(Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998)

A linha de baixo corresponde a uma representação dos tempos que agregam valor e do leadtime total do fluxo. Esta é uma informação importante no que tange a identificação de desperdícios e monitoramento das ações planejadas e implementadas.

A seguir será dada uma explicação de como é obtido o mapa da situação futura.

3.2. Mapeamento da situação futura

O mapa da situação futura, obtido a partir do mapa da situação atual, é elaborado de acordo com algumas diretrizes que incluem conceitos e técnicas da produção enxuta. Essas diretrizes são as seguintes (ROTHERS & SHOOK, 1998):

DIRETRIZ 1: Produzir de acordo com o *takt-time*.

EESC-USP Biblioteca Campus de S. Carlos

Takt-time é o tempo usado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo da demanda. É um número de referência que dá a noção do ritmo em que cada processo precisa estar produzindo. Ele é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) pelo volume da demanda dos clientes (em unidades), como no exemplo abaixo:

$$\text{Takt-time} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Demanda do cliente}} = \frac{27.000 \text{ s.}}{455 \text{ peças}} = 59 \text{ s./ pç}$$

Isto significa que os clientes estão comprando este produto na razão de um a cada 59 segundos e é este parâmetro que define o ritmo de produção.

A produção enxuta visa sincronizar os processos para que os estoques e tempos de espera sejam eliminados. Produzir dentro de um mesmo ritmo, ou *takt-time,* visa alcançar este objetivo.

DIRETRIZ 2: Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível.

Produzir em fluxo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma interrupção entre eles. Isto é chamado de fluxo unitário de peças, e constitui uma das maneiras mais eficientes de se produzir, pois se reduz a formação dos estoques intermediários.

A figura 6 representa graficamente a diferença entre o tempo de fabricação de uma mesma quantidade de peças sendo fabricadas em lote e em fluxo unitário. No caso exemplificado pela figura, a produção de 5 peças segundo um roteiro de fabricação que envolve o processamento em 4 máquinas distintas (A, B, C e D), é realizado

primeiramente com a abordagem de lotes de produção, e em uma outra situação, em fluxo unitário. Ocorre uma diferença significativa em termos dos tempos totais de fabricação pois quando se produz em lote, as peças permanecem em espera até que todo o lote seja completado para que haja a transferência para o próximo processo.

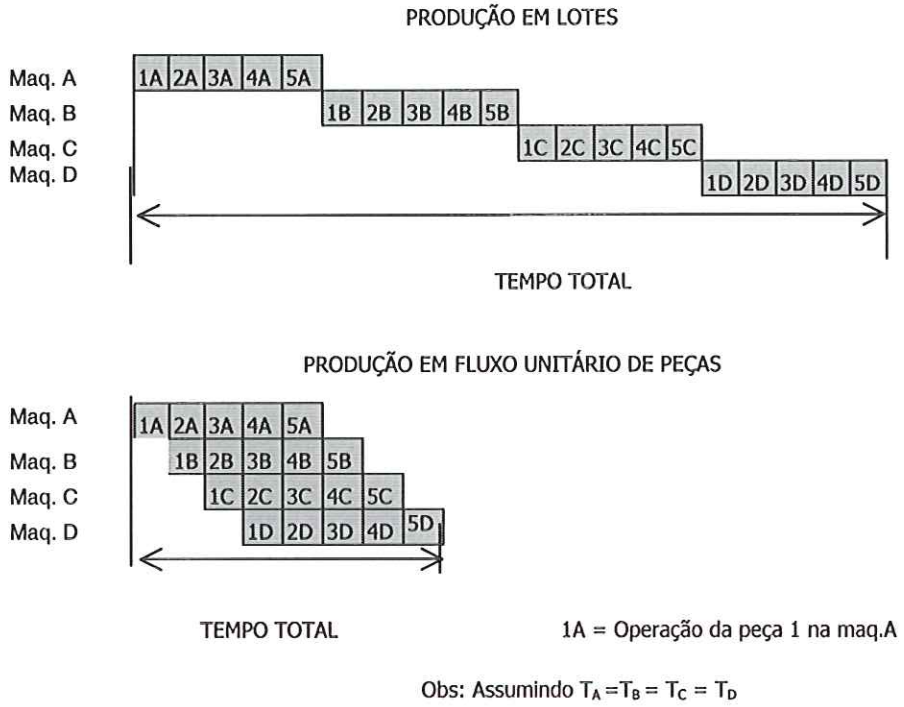


FIGURA 6: Diferença de tempos de fabricação entre uma produção em lotes e uma produção em fluxo unitário de peças.

No entanto, nem sempre é possível obter um fluxo contínuo de produção, pois isso depende de diversos fatores tais como os padrões de compra dos clientes, a confiabilidade e tempos dos processos e as características dos produtos e equipamentos. Nestes casos, a opção deve ser feita por um mecanismo de controle que inter-relacione a demanda e a produção entre os processos. A diretriz seguinte propõe uma forma de se fazer isso.

DIRETRIZ 3: Utilizar supermercados para controlar a produção onde produzir em fluxo não é possível.

Como dito anteriormente, com freqüência há pontos onde não é possível produzir em fluxo, logo se torna necessário a produção em lotes. Entre as razões principais, pode-se destacar que alguns processos:

- operam em ciclos de tempo distintos;
- são compartilhados por múltiplos fluxos de valor;
- estão localizados a uma certa distância dos processos adjacentes, o que impede o transporte unitário de peças;
- apresentam leadtime muito elevado ou baixa confiabilidade para operarem em conjunto com outros processos.

A programação destes processos deve de alguma forma estar associada à demanda dos processos posteriores, e uma forma de se fazer isso é através da utilização de supermercados de produção. Um supermercado de produção equivale a um pequeno estoque controlado via kanban que determina um fluxo puxado de materiais. A figura 7 exemplifica a utilização de um supermercado de produção.

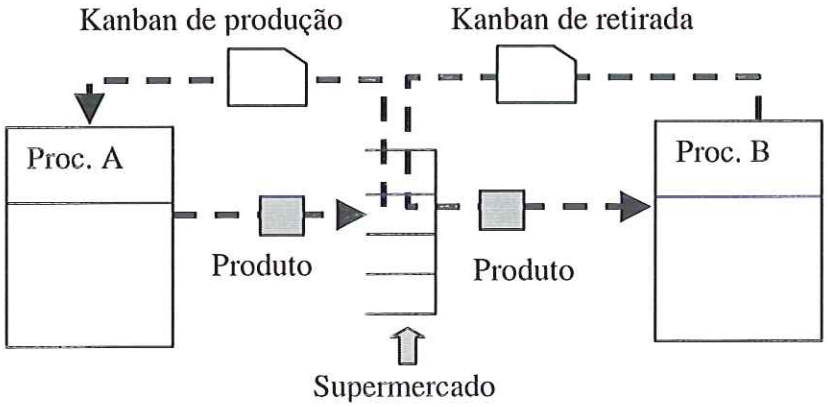


FIGURA 7: Exemplo da utilização de um supermercado de produção

O supermercado representa um ponto de estoque intermediário que é controlado de acordo com as demandas do processo posterior. Isso faz com que o processo anterior produza de acordo com o que vem sendo consumido. O nome supermercado é utilizado porque este sistema é semelhante a operação de abastecimento das gôndolas de um supermercado.

DIRETRIZ 4: A programação da produção deve ser feita em um único processo

Através da utilização de sistemas de "puxar", é possível programar apenas um ponto ao longo do fluxo de valor. Isto ocorre pois todos os processos estarão de alguma forma interligados. Este ponto é chamado de "processo puxador" (PP), porque é ele que define o ritmo de produção aos outros processos. A escolha deste ponto de programação determina quais os elementos do fluxo de valor tornam-se parte do leadtime que vai do pedido do cliente à entrega do produto final. Este ponto também pode ser localizado na expedição, e neste caso o sistema produtivo será do tipo *make-to-stock,* o leadtime de atendimento corresponderá apenas ao tempo de entrega do produto ao cliente.

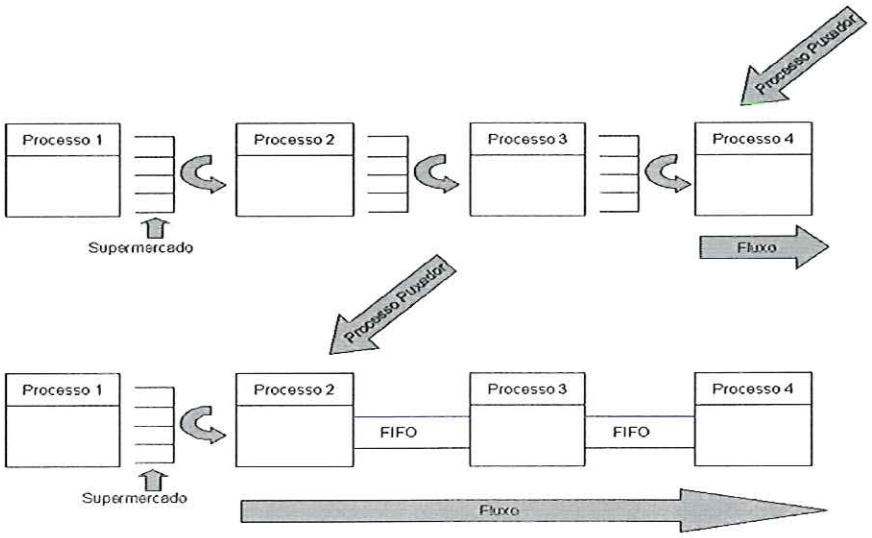


FIGURA 8: Localizaçao do processo puxador.
(Fonte: ROTHERS & HOOK,1998)

DIRETRIZ 5: A produção de diferentes produtos deve ser uniformemente dividida ao longo do tempo.

Essa questão é relevante quando se possui diferentes produtos utilizando os mesmos recursos. Distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo significa nivelar o mix de produção. Deve-se considerar o esforço de trocas de ferramentas para manter as variações de produtos.

O objetivo desta diretriz é permitir a redução dos estoques na medida em que são produzidos lotes menores e em maior freqüência.

DIRETRIZ 6: Criar uma "puxada inicial" com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no PP.

Esta diretriz tem por objetivo o estabelecimento de um ritmo de produção consistente e nivelado que, por sua natureza, elimina os desperdícios, alerta para eventuais problemas e possibilita que ações corretivas sejam tomadas de maneira mais rápida.

A liberação de grandes lotes de produção para o chão-de-fábrica geralmente acarreta na falta de uma noção de *takt-time*, em uma distribuição irregular da carga de trabalho, em uma dificuldade para se monitorar as ordens e em uma conseqüente dificuldade para se alterar os pedidos. A liberação de pequenos incrementos ao chão-de-fábrica gera uma programação mais eficaz e consistente.

DIRETRIZ 7: Desenvolva a habilidade de fazer toda a parte todo o dia nos processo anteriores ao PP.

Como a diretriz 5, esta diretriz também visa o nivelamento da produção. Só que o foco são os processos anteriores ao processo puxador e que obviamente são controlados por algum supermercado. Diz respeito a programação dos cartões kanban e geralmente se utiliza de um quadro denominado heijunka box.

Este quadro dispõe de forma gráfica a necessidade dos processos posteriores permitindo que os próprios operadores decidam de forma simples quais serão as ordens de produção que deverão ser efetivadas prioritariamente.

Todas as diretrizes expostas acima são traduzidas na forma de perguntas. Os responsáveis pelo processo de mapeamento analisam então o mapa da situação atual questionando cada um dos processos, fluxos e mecanismos de controle segundo as diretrizes. Estas perguntas são:

1. Qual é o *takt-time?*
2. A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para expedição?
3. Onde é possível implementar o fluxo unitário de peças?
4. Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para o controle dos processos anteriores?
5. Em que ponto da cadeia produtiva será programada a produção?
6. Como o mix de produção será nivelado?
7. Quais quantidades de incremento de trabalho serão liberados e com qual freqüência no processo puxador?

E a última pergunta, cuja resposta corresponde a base do plano de ações:

8. Quais melhorias serão necessárias para que os processos comportem-se como o projeto do estado futuro?

Um exemplo de mapa da situação futura pode ser visto na figura 9. Os pontos de melhoria e as ações que devem ser tomadas em relação a situação atual correspondem portanto ao plano de implementação de melhorias.

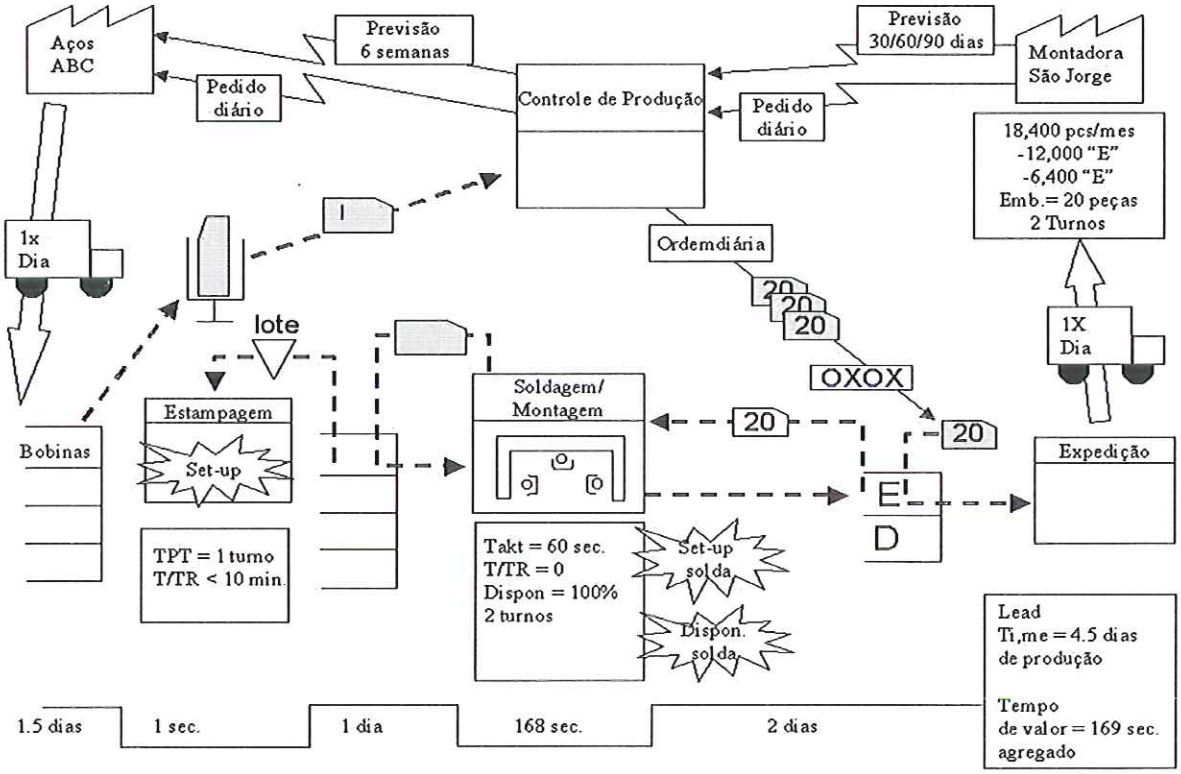


FIGURA 9: Exemplo de mapa da situação futura
(Fonte: ROTHERS & SHOOK, 1998)

Como pode ser visto no exemplo, as alterações obtidas com base nas perguntas realizadas sobre o mapa da situação atual contribuíram para a definição de um novo cenário. As alternativas propostas neste novo cenário são então avaliadas quanto a sua viabilidade e relação custo-beneficio. A figura 9 mostra ainda que reduções dos

tempos de preparação de máquinas e a formação de uma célula de manufatura contribuiram significativamente para a redução dos estoques intermediários e do leadtime total.

3.3. Considerações finais

Os princípios que fundamentam a técnica de MFV não são novos, pelo contrário, vários formalismos de mapeamento de processos são há muito tempo conhecidos e utilizados pelas empresas de manufatura. O grande diferencial do MFV é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias.

Vale ressaltar que esta técnica também possui as suas desvantagens e limitações, que surgem até em decorrência de algumas características próprias. Um dos princípios de modelagem estabelecidos por VERNADAT (1996) se refere justamente a este aspecto. O princípio simplicidade versus adequação discute o trade-off à qual as técnicas de modelagem estão submetidas e propõe um balanceamento entre tais fatores, isto é, a técnica não deve ser tão simples a ponto de não conseguir lidar com aspectos complexos, e nem tão elaborada a ponto de dificultar e inviabilizar a sua utilização. A tabela a seguir discute a técnica de MFV segundo os princípios estabelecidos por VERNADAT (1996).

TABELA 4: A técnica de MFV segundo os princípios de modelagem

PRINCÍPIOS DE MODELAGEM	COMENTÁRIOS SOBRE O MFV
Diferenciação de escopo	O escopo do sistema a ser modelado pela técnica do MFV é determinado de acordo com a família de produtos selecionada.
Decomposição funcional	O MFV não possui a característica de tratar diferentes níveis de mapeamento. Este princípio é um dos mais capazes de reduzir a complexidade de determinado sistema.
Modularidade	O MFV não sugere que os modelos obtidos sejam modulares. No entanto esta característica pode facilmente ser obtida, a principal questão é manter a consistência e a integração entre as diversas partes do conjunto.
Generalização	O MFV não propõe nenhum tipo de generalização.
Reutilização	Os modelos obtidos com o MFV são facilmente reutilizáveis. O próprio ciclo de proposição de melhorias futuras com base nos modelos obtidos exemplifica este princípio.
Separação entre comportamento e funcionalidade	Tanto os comportamentos (resultados) quanto as funcionalidades (processos) são mapeados e a interação entre ambos pode facilmente ser compreendida.
Separação entre processos e recursos	O MFV permite o mapeamento do fluxo produtivo de forma a representar a interação que ocorre entre os recursos e os processos e como o desempenho de um afeta ao outro.
Conformidade	A técnica de MFV apresenta uma semântica e sintaxe clara, com cada elemento possuindo um significado específico e não redundante.
Visualização	Os ícones utilizados pela técnica de MFV são de fácil compreensão e bastante intuitivos, o que permite uma visualização clara sobre o significado de cada elemento.
Simplicidade vs. adequação	Apesar de simples, a técnica de MFV é capaz de representar claramente os ambientes de manufatura e permitir a identificação de melhorias.
Gerenciamento da complexidade	Os modelos obtidos pela técnica do MFV são capazes de reduzir a complexidade dos sistemas de manufatura.
Rigor de representação	A técnica é rigorosa, mas como os modelos são obtidos através de desenho feitos com papel e lápis, o rigor fica sob a responsabilidade da equipe de projeto.

Além das observações efetuadas segundo os princípios de VERNADAT (1996) é possível destacar as estabelecidas por IRANI (2001). Segundo ele, o MFV:

- falha ao lidar com produtos de uma mesma família que não possuem exatamente o mesmo fluxo de processos;

- falha ao relacionar tempos de fila, transporte entre processos e tamanhos de lote de transferencia, com demais parâmetros operacionais dos processos;
- não trata nenhuma medida financeira de forma específica, como custos de armazenamento, transporte e outros;
- tende a conduzir os usuários a considerar como soluções operações em fluxo contínuo, sistemas kanban, etc que são adequados principalmente a sistemas de manufatura de alto volume e baixa variedade;
- falha ao considerar aspectos físicos e espaciais, como lay-out, tamanhos de embalagem, fluxos cruzados, desperdícios por longas distâncias percorridas pelos materiais, entre outras;

Logo, conclui-se que o MFV não corresponde a uma técnica que pode vir a resolver todos os problemas de uma empresa de manufatura. Mesmo assim ela representa um grande avanço no que diz respeito a proposição e implementação de melhorias nos ambientes de manufatura.

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um método para o mapeamento de cadeias de suprimentos e a base deste método é o MFV. Desta forma pretende-se que algumas limitações sejam eliminadas ou reduzidas pela proposição de novas abordagens. Também é de se esperar que ocorra a incorporação por parte do método de algumas limitações inerente à técnica de MFV. O capítulo seguinte apresenta o desenvolvimento do método.

4

4. Desenvolvimento do método

Um método constitui um conjunto de atividades estruturadas que devem ser realizadas a fim de se atingir a um determinado objetivo. O objetivo do método aqui proposto é auxiliar as empresas a alcançarem vantagens competitivas através da identificação de oportunidades de melhoria em termos da eliminação dos desperdícios que ocorrem ao longo da cadeia de suprimentos.

Para o alcance dos objetivos propostos alguns aspectos chaves devem ser observados ao longo do processo de desenvolvimento do método. A abordagem utilizada consiste em dividir o desenvolvimento em duas linhas distintas, a primeira diz respeito ao conteúdo de informações e a segunda ao procedimento de aplicação do método. É como se uma linha se referisse ao "o que" representar, no sentido de quais informações, e a outra ao "como", no sentido de quais ações devem ser realizadas para que a representação seja feita. Os princípios de modelagem estabelecidos por VERNADAT (1996), que possuem a característica de atuarem tanto para a avaliação como para o desenvolvimento de técnicas de modelagem, também são utilizados. Várias características propostas pelo método são baseadas nestes princípios.

O conteúdo de informações se refere aos dados que serão levantados durante cada etapa de aplicação do método e que constituirão a base das informações

representadas nos modelos. Os modelos obtidos devem permitir uma visualização e compreensão adequada e concisa da realidade. A simplicidade dos modelos também é um fator a ser considerado pois facilita a comunicação entre as pessoas envolvidas.

O procedimento de aplicação inclui a definição de um conjunto de passos robustos para que o método possa ser aplicado com sucesso. Uma estruturação adequada destes passos facilita a aplicação e o entendimento do método. A estrutura dos passos deve ainda permitir uma certa flexibilidade para que as particularidades de cada projeto sejam consideradas.

Os tópicos seguintes discutem com maiores detalhes a abordagem utilizada para o desenvolvimento do método tendo em vista os aspectos apresentados.

4.1. Conteúdo de informações

As informações contidas em cada modelo devem garantir tanto a compreensão de como opera a cadeia como a análise de potenciais melhorias. Se por um lado a representação de muitas informações aumenta a complexidade dos modelos e torna o processo mais lento, por outro, a simplificação pode acarretar em perda da capacidade de análise. A definição de quais informações são relevantes é portanto um aspecto chave a ser considerado.

Uma estratégia definida por VERNADAT (1996) e muito utilizada por técnicas de modelagem é a de decomposição e detalhamento, onde a partir de um nível macro e geral se chega a um nível micro e mais detalhado. Esta forma escalonada de se mapear determinado sistema é uma das formas mais importantes e eficazes de se reduzir a complexidade.

O método para modelagem de cadeias de suprimentos pressupõe que três níveis de mapeamento possam permitir a compreensão e visualização necessária acerca de uma cadeia de suprimentos. A figura 10 apresenta um esquema de como estes níveis se relacionam. O capítulo seguinte ilustra uma aplicação do método e facilita o entendimento de como funciona todo o processo de decomposição.

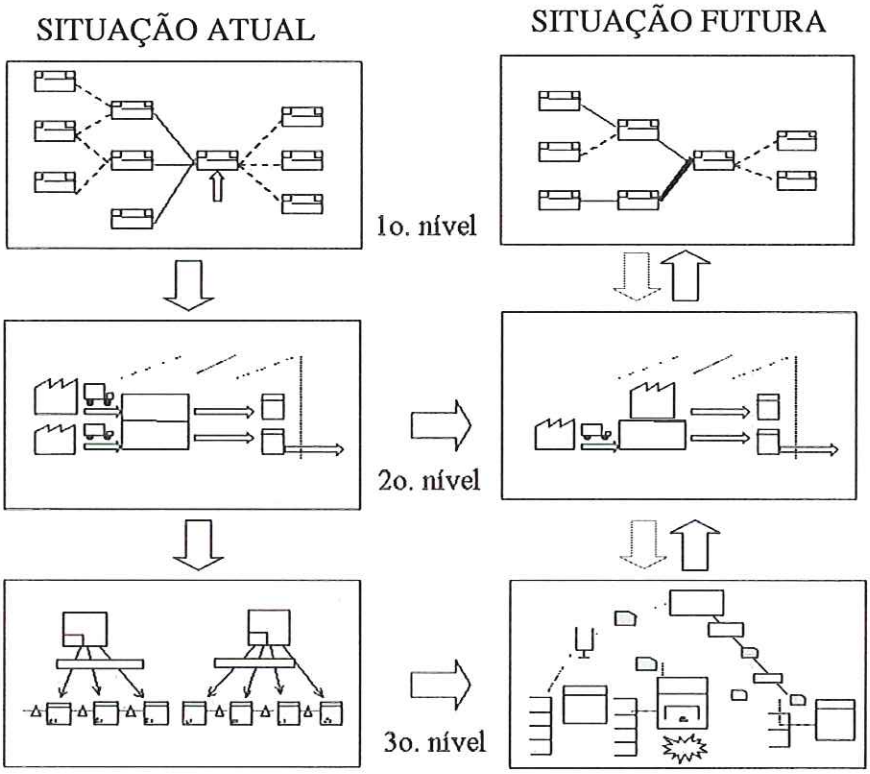


FIGURA 10: Relação entre os diferentes níveis de mapeamento

O primeiro nível é o nível mais genérico e seu objetivo é identificar os principais membros da cadeia. Como observado por LAMBERT *et al.*(1998), ao se tratar uma cadeia de suprimentos deve-se ter mente quais são seus elementos principais. A representação e análise da cadeia de suprimentos em sua totalidade pode ser contra-producente. O objetivo deste nível é dar uma visão geral da estrutura da cadeia de

suprimentos e para tal um conjunto de informações sobre cada empresa são levantadas, bem como os fluxos dos relacionamentos.

O segundo nível já visa levantar informações mais detalhadas sobre a cadeia, inclui o fluxo de informações e materiais, e considera como eles se comportam. Em termos do fluxo de informações são representadas quais as tecnologias adotadas e a freqüência de comunicação, compartilhamento de bases de dados e sistemas, entre outros. Em termos de fluxo de materiais são representadas informações sobre os modais de transporte, volumes transportados, freqüências, rotas, distâncias percorridas, leadtimes, tipos de recebimento e necessidades de inspeção, entre outros.

O terceiro nível é o mais detalhado e se assemelha ao Mapeamento do Fluxo de Valor, os modelos visam representar informações no nível dos processos produtivos das empresas. O objetivo é integrar os processos entre os parceiros da cadeia. As empresas também podem, conforme o caso, serem submetidas a aplicação da técnica do MFV de forma independente, com vistas a melhorar seu desempenho interno.

Os tópicos seguintes apresentam quais informações devem ser abordadas em cada nível de modelagem. Os ícones utilizados e seus respectivos significados podem ser vistos no ANEXO A.

4.1.1. Informações do 1º. Nível

O primeiro nível é o mais genérico e visa demonstrar aspectos gerais da estrutura e dos relacionamentos da cadeia. Algumas informações gerais acerca de cada empresa são levantadas como **nome**, **localização** e **produtos transacionados**.

Como informações de ordem mais específica, são levantados o **leadtime de atendimento**, que deve ser medido segundo a perspectiva da empresa cliente e compreende o tempo que vai da colocação do pedido ao recebimento do material. O **leadtime de manufatura**, que deve ser fornecido pela empresa que está sendo representada e compreende o tempo que vai do momento em que se inicia o processamento da matéria-prima até o momento em que o produto final é concluído, considerando que haja disponibilidade de materiais e equipamentos.

Outra informação levantada diz respeito a **qualidade** e é medida por um índice que relaciona a quantidade de produtos fabricados com defeito com a quantidade total produzida.

O padrão do sistema produtivo segundo a **classificação IVAT** também constitui uma importante informação a ser levantada, pois padrões específicos impactam diretamente qualquer tipo de análise em termos de gestão da cadeia de suprimentos ou produção enxuta. Esta classificação segue os seguintes critérios (HINES, 2000):

- Empresa em I: uma pequena variedade de matéria-prima é transformada em uma pequena variedade de produtos finais.
- Empresa em V: uma pequena variedade de matéria-prima se transforma em um grande número de produtos finais. Exemplos típicos são as empresas de fundição.
- Empresa em A: característica das empresas de montagem este padrão se refere a sistemas produtivos onde uma grande variedade

de matéria-prima gera uma pequena variedade de produtos finais. Exemplos: setor automotivo e aeronáutico.

- Empresa em T: neste caso uma pequena variedade de matéria-prima gera, a partir da montagem de componentes e peças, uma grande variedade de produtos finais. Exemplos: setor de informática.

Outra informação levantada diz respeito a **política de atendimento da demanda**, que é uma característica baseada em como a empresa atende aos seus pedidos. O leadtime de atendimento ao cliente é determinado em função da política escolhida, assim como os níveis de estoque de produtos acabados e matéria-prima. Para efeitos de análise são consideradas quatro políticas como seguem (LIN&SHAW, 1998):

- MTS (*Make-to-stock*): os pedidos são atendidos por itens previamente estocados.
- ATO (*Assembly-to-order*): componentes acabados são montados conforme a solicitação dos clientes.
- MTO (*Make-to-order*): os pedidos dos clientes disparam a produção dos itens que deverão ser entregues. Não há estoque de produtos acabados.
- BTO (*Buy-to-order*): a compra da matéria-prima é efetuada após o recebimento do pedido.

Os níveis de **estoque de matéria-prima** e de **produtos acabados** também são levantados. Não é necessário considerar todos os itens, apenas os mais

significativos devem ser avaliados. Um recurso que pode ser utilizado é o da segmentação, na qual determinadas classes são especificadas de acordo com as suas propriedades. Cada classe estará então submetida às mesmas características e apresentará padrões similares de desempenho. Exemplificando, a matéria-prima nacional terá diferentes níveis em relação ao material importado. De acordo com a política de controle de estoques adotada será utilizado como símbolo um pequeno triângulo ou um pequeno símbolo que indica um "supermercado". As políticas que apresentam como características o controle dos níveis de estoque com base no consumo em etapas posteriores, de forma integrada, serão representadas pelo símbolo de "supermercado", e as demais, pelo triângulo.

A figura 11 ilustra o principal ícone utilizado para a representação das empresas no primeiro nível de modelagem.

Legenda:
Estoque MP: estoque de matérias-primas
Estoque PA: estoque de produtos acabados
IQ: índice de qualidade
LTA: leadtime de atendimento
LTM: leadtime de manufatura
PAD: política de atendimento da demanda
IVAT: classificação IVAT

FIGURA 11: Principal ícone de representação do primeiro nível

A relação entre os leadtimes de atendimento e manufatura, os níveis de estoque, as políticas de atendimento da demanda, os níveis de qualidade e a localização são parâmetros simples de coletar e que já permitem algumas conclusões e fornecem pistas para um detalhamento posterior. Exemplificando, um fornecedor localizado próximo a planta, com um elevado nível de qualidade e leadtime de manufatura baixo, pode vir a alterar sua política de atendimento de make-to-stock para make-to-order, minimizando o nível de estoque de produtos acabados sem comprometer o nível de atendimento. Para tal, novas informações deverão ser coletadas e detalhadas.

Ainda visando a simplificação do mapa, pode-se optar por um recurso denominado generalização, onde uma classe de entidades que possuem o mesmo comportamento é definida segundo um critério pré-estabelecido. O recurso da generalização foi estabelecido por VERNADAT (1996) e contribui significativamente para a redução da complexidade dos sistemas que estão sendo mapeados. Por exemplo, uma montadora de veículos pode optar por segmentar as suas concessionárias com base na localização, o mapa mostraria então que 10% se localizam na região Nordeste, 20% na região Centro-Oeste, e o restante, 70%, na região Sudeste. Este tipo de informação é mostrado de uma forma diferenciada nos mapas, como mostra a figura 12.

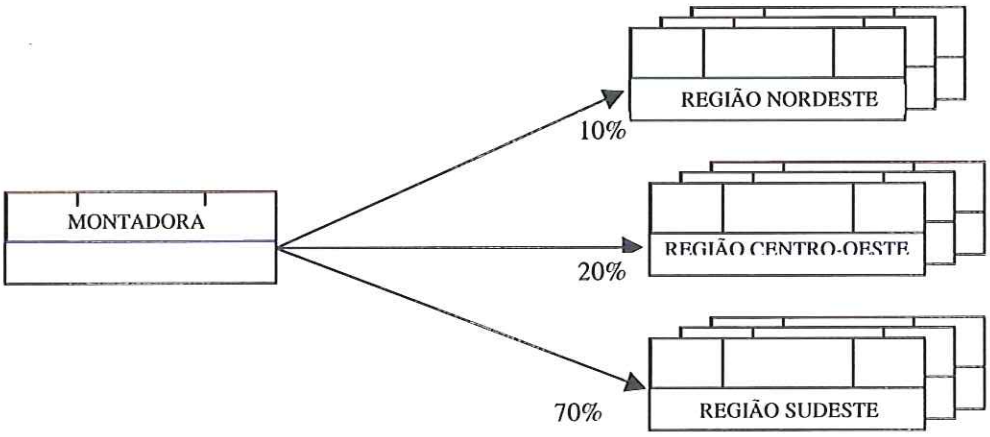


FIGURA 12: Exemplo de representação de uma generalização.

Ao se usar o recurso da generalização a equipe de projeto deve estar atenta aos critérios utilizados e a consistência do conjunto de informações, que em função do número de entidades representadas, deverá refletir características comuns ou valores que representem as médias das observações realizadas.

As empresas constituintes da cadeia são conectadas por uma seta que indica o fluxo do relacionamento. A figura 13 mostra como é feita a indicação de um relacionamento.

FIGURA 13: Exemplo de um fluxo de relacionamento.

Uma análise importante realizada nesta etapa diz respeito à identificação dos tipos de relacionamento que ocorrem entre as organizações. Segundo BEANSOU (1999), são quatro os tipos de relacionamento que ocorrem entre as empresas. A representação do tipo de relacionamento pode ser realizada sobre a seta que indica o fluxo dos relacionamentos. A matriz apresentada no capítulo 2, apresenta uma série de variáveis que permitem a equipe de projeto refletir sobre as características das relações e definir entre: parceria estratégica, intercâmbio de mercado, dependência no cliente e dependência no fornecedor. A figura 14 indica a representação gráfica dos tipos de relacionamento.

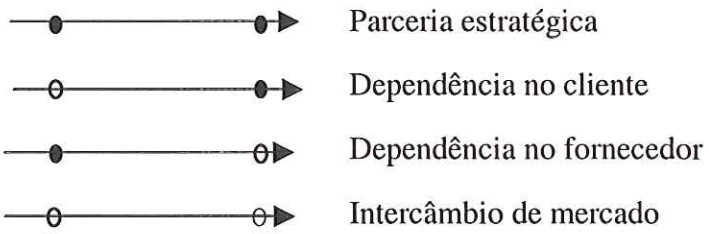


FIGURA 14: Representação dos tipos de relacionamento.

A classificação dos relacionamentos segundo a proposta de BEANSOU (1999) depende muito das observações feitas pela equipe de projeto. A idéia principal é a de criar um referencial que permita às empresas avaliarem seus atuais relacionamentos e então identificarem inconsistências gerenciais. Segundo ele, os recursos, gerenciais e financeiros, devem ser despendidos de acordo com a importância dos relacionamentos.

LAMBERT *et al.* (1998) definiram a existência de três diferentes graus de integração entre as empresas com base nos tipos de processos que ocorrem entre elas. Os processos podem ser classificados em gerenciados, monitorados e não-gerenciados. Esta proposta pode facilmente ser representada neste nível de mapeamento. Para tal, basta alterar a espessura das linhas que indicam os fluxos de relacionamento, como mostra a figura 15.

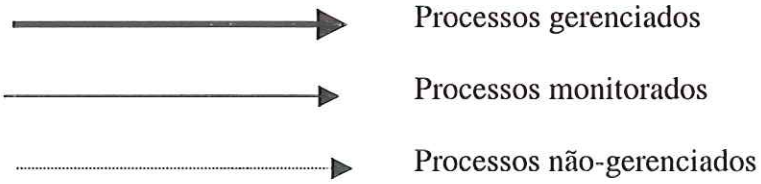


FIGURA 15: Representação dos tipos de processos que ocorrem entre as empresas.

Existem então duas propostas que podem ser analisadas e utilizadas nesta etapa do método para representar os relacionamentos e os processos que ocorrem entre as empresas. A complementação de ambas, em determinados casos, é perfeitamente

possível e esclarecedora, como por exemplo, no caso em há uma parceria estratégica cujo processo está apenas sendo monitorado. Ou ainda em casos aonde um relacionamento do tipo intercâmbio de mercado vem sendo tratado por um processo com alto grau de integração. Em outros casos, a complementação das abordagens não leva a nenhuma conclusão específica, pois os fatores que definem as classificações apresentam uma parcela significativamente subjetiva. Isto é, não depende apenas de aspectos técnicos, estruturados e definidos.

A decisão por qual abordagem utilizar está muito mais vinculada aos processos de raciocínio e decisão da equipe do que propriamente à representação. A equipe pode optar por uma, por outra, ou por ambas as formas de representação de um relacionamento.

As contingências de cada projeto, de cada relacionamento em particular, seus elementos técnicos e subjetivos, constituirão a base para a equipe definir quais características e informações serão analisadas e representadas. O principal resultado esperado neste nível é a definição de quais são os relacionamentos críticos da cadeia que deverão ser melhor analisados e detalhados.

4.1.2. Informações do 2º. Nível

As informações contidas no segundo nível apresentam um maior grau de detalhamento do que as levantadas no primeiro. Os ícones utilizados aqui têm a mesma simplicidade dos adotados pela técnica de MFV, basicamente a diferença está no conteúdo das caixas de dados. A empresa foco, definida como sendo a responsável pela aplicação do método, é mapeada em termos de seus macro-processos, depósitos de matéria-prima e produtos acabados. Os fluxos de materiais são detalhados no que diz

respeito ao transporte entre as empresas. Os fluxos de informações passam a ser representados e as demais empresas da cadeia apresentam um conjunto de dados complementares e mais específicos, como por exemplo dados relacionados a produção e capacidade.

O padrão deste modelo apresenta os macro-processos das empresas representados na direção vertical. A figura 16 apresenta uma representação esquemática de uma montadora, cujo os macro-processos principais são: estamparia, funilaria, pintura e montagem. Desta maneira é possível identificar o ponto de consumo dos materiais em relação a todo o fluxo. Como o número de peças a serem representadas pode ser grande, é preferível adotar a posição vertical para os processos, pois isso facilita a identificação do ponto de consumo das mesmas.

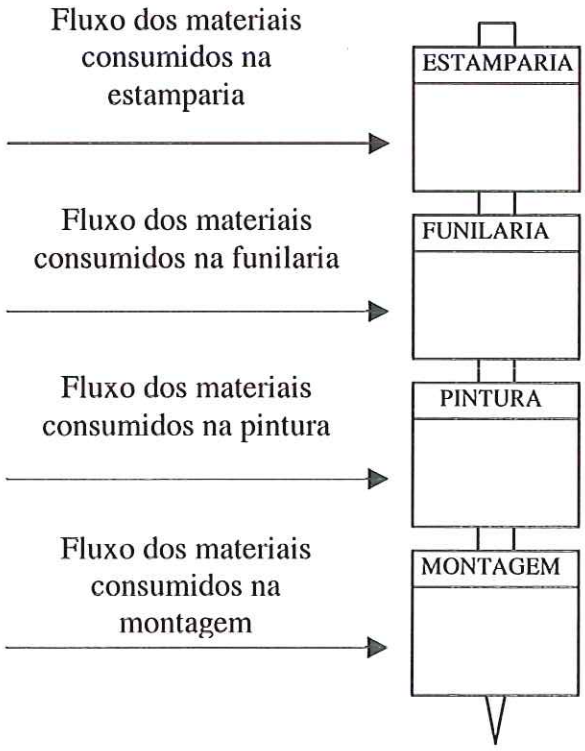


FIGURA 16: Macro-processos representados na direção vertical.

O armazém de recebimento de materiais é detalhado em função das políticas de controle de estoques adotadas, quantidades máximas e mínimas e fluxo de material para o ponto de consumo. A figura 17 apresenta o ícone que representa o armazém interno de materiais.

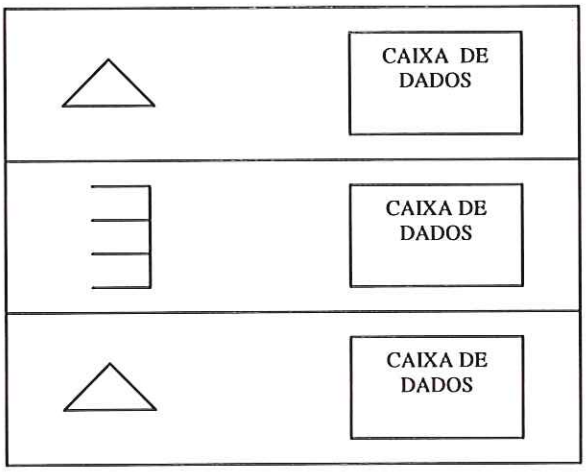


FIGURA 17: Representação gráfica do armazém de recebimento

As informações contidas nas caixas de dados do armazém indicam:

- a descrição do item: nome ou código do item que está sendo representado.

- política de inspeção: indica se existe algum procedimento específico para inspeções de recebimento.

- localização: esta localização se refere a posição dos itens no interior da empresa, incluindo o armazém e as prateleiras ou locais específicos onde os itens ficam armazenados.

- níveis de estoque: indicam as quantidades em estoque dos itens. Os níveis máximos e mínimos devem ser representados. Se não houver um controle específico dos estoques, esta informação deve constar nos modelos.

- política de controle dos estoques: representada por um símbolo de "supermercado" caso o controle seja efetuado com base no consumo dos processos posteriores, ou por um pequeno triângulo para uma diferente política. A política adotada deve ser descrita, por exemplo: revisão periódica, controle por "duas gavetas", disparo pela quantidade mínima, kanban, etc.

A movimentação de materiais do armazém para a linha de produção também deve ser representada e para tal é utilizado o mesmo conjunto de informações adotado para a representação do fluxo de materiais entre as plantas. Novos ícones podem ser criados pela equipe de projeto para a representação de qualquer elemento ou equipamento que se faça necessário, como por exemplo, empilhadeiras, carrinhos de transporte, "*dollies*". Os armazéns de expedição são representados segundo os mesmos parâmetros adotados para a representação dos armazéns de recebimento. O que muda são as origens, que passam a ser as linhas de produção, e os destinos, que passam a ser as empresas clientes.

O fluxo de materiais entre as empresas deve conter o modal de transporte, o tempo de percurso, a capacidade e a distância percorrida. O transporte também pode acontecer via *milk-run*, onde um caminhão percorre uma rota coletando os produtos em diversos fornecedores em horários pré-estabelecidos. Estas informações devem ser adicionadas aos mapas caso exista esta prática. O *milk-run* contribui para a redução dos custos de armazenagem e transporte, pois transporta uma menor quantidade de material de cada fornecedor ao mesmo tempo em que compartilha o caminhão. A figura 18 sugere a utilização de alguns ícones para diferentes tipos de modais de transporte. Estes ícones são tão intuitivos quanto os utilizados pela técnica de MFV.

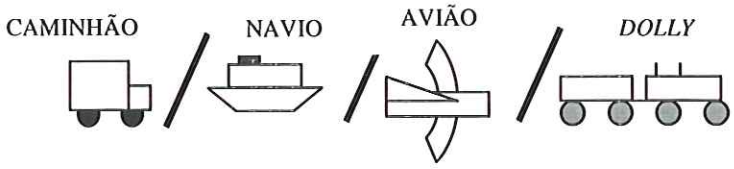


FIGURA 18: Ícones de representação de diferentes modais de transporte

As informações sobre os fluxos de materiais são representadas em uma caixa de dados na parte inferior ao modal de transporte. Basicamente as informações representadas são:

- Freqüência: indica a freqüência com que ocorre o transporte. Por exemplo: 2 vezes por semana, diariamente, ou ainda variável, caso não exista uma uniformidade quanto a freqüência do transporte.

- Capacidade: indica a capacidade de transporte do modal. Esta informação pode ser útil para a análise de projetos que envolvam o compartilhamento de transportes.

- Volume transportado: indica a quantidade de material transportada.

- Tempo de trânsito: indica o tempo médio de transporte entre um ponto e outro.

- Distância percorrida: indica a distância percorrida e pode ser expressa em quilômetros.

O fluxo de informações entre as empresas da cadeia é representado segundo a tecnologia utilizada, a freqüência e o conteúdo das informações transacionadas entre os parceiros. O ícone, mostrado na figura 19, é simples, constitui apenas uma caixa de dados e uma seta que indica a origem e o destino dos dados transacionados.

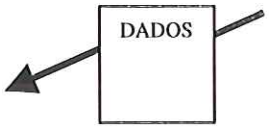


FIGURA 19: Ícone de representação do fluxo de informações

A caixa de dados referentes ao fluxo de informações contém os seguintes dados:

- Conteúdo: indica o tipo de informação transacionado, como por exemplo: pedidos, posição dos estoques, planejamentos, programas de produção, etc.

- Freqüência: indica a freqüência com que as informações são transacionadas ou ainda se o acesso às informações é "*on-line*".

- Tecnologia: indica as tecnologias associadas ao fluxo de informação, indicando os softwares e recursos utilizados. Por exemplo: EDI, Internet, ERP, fax, telefone.

Nesta etapa a equipe responsável pela aplicação do método já consegue, com a obtenção deste mapa, avaliar a possibilidade de implementação de algumas melhorias. A obtenção de informações ainda mais detalhadas, que incluem os processos de fabricação propriamente ditos, deve ocorrer com a construção dos mapas de terceiro nível.

4.1.3. Informações do 3°. Nível

Este nível se refere aos processos produtivos das empresas e as informações levantadas são basicamente as mesmas da técnica de MFV. Incluem os tempos de ciclo, tempos de trocas, disponibilidades, número de turnos, operadores, estoques intermediários e suas formas de controle. A diferença essencial é que os

processos mapeados pertencem a diferentes empresas. Diversos tipos de melhoria poderão ser identificados, desde as que incluem simples modificações internas às organizações, até as que envolvem uma integração operacional entre os processos de diferentes empresas. Vale ressaltar que esta integração operacional geralmente requer altos níveis de investimentos, pois condições específicas como localização próxima e uso de linhas dedicadas devem ocorrer. Os níveis de investimento e os benefícios a serem alcançados devem ser avaliados.

As informações levantadas sobre os processos foram descritas no capítulo 3, que trata especificamente da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor.

A técnica de MFV permite ainda o desenvolvimento de um mapa do estado futuro segundo algumas diretrizes previamente especificadas. Inicialmente estas diretrizes são utilizadas para avaliar os trechos internos das empresas e, depois, os trechos onde ocorrem as interfaces entre as empresas. Apesar de serem obtidas logo após a construção dos mapas de terceiro nível, as sugestões de melhoria, definidas com o auxílio das diretrizes, serão analisadas e validadas apenas em uma próxima etapa do método.

O tópico a seguir apresenta a estrutura dos passos e sub-passos do método que conduzem a obtenção dos diversos mapas e níveis explicados acima.

4.2. Procedimento de aplicação

A fim de melhor configurar a seqüência de atividades que compõe o método, optou-se pela técnica IDEF0. O IDEF0 é um formalismo de modelagem de processos que tem se mostrado útil para a descrição de métodos e metodologias em

função das suas características (MEADE, 1997; UNDERDOWN,1997). As principais características do IDEF0 que permitem a sua utilização para a descrição de métodos e as razões pela qual ele atende aos requisitos aqui estabelecidos são:

- é possível representar quais são os elementos de entrada, os resultados, os recursos necessários e os elementos de controle de cada atividade;
- a visão esquemática do IDEF0 apresenta a dependência entre as atividades sem que haja necessariamente uma obrigação em se adotar uma seqüência rígida. Isto garante uma flexibilidade de aplicação, que é necessária, pois diferentes situações poderão ser encontradas;
- o desdobramento das atividades em sub-atividades, ou passos em sub-passos, é feito de maneira a manter a consistência entre os níveis mais genéricos e os níveis mais detalhados;
- o formalismo gráfico adotado é simples e facilita a compreensão e comunicação entre os envolvidos;
- o próprio processo de representação do IDEF0 força a determinação dos elementos que balizam a execução da atividade, isto é, as entradas, saídas, controles, mecanismos e recursos.

O formalismo gráfico adotado tradicionalmente pelo IDEF0 envolve a representação de caixas e setas segundo a figura 20:

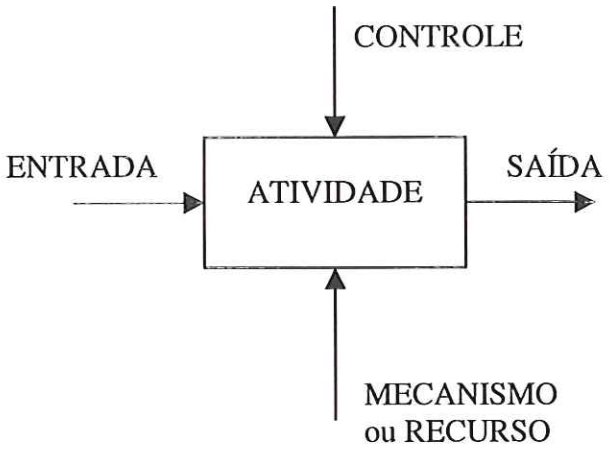


FIGURA 20: Formalismo adotado pelo método IDEF0
(Fonte: MAYERS *et al.*, 1993)

As caixas representam as atividades que são realizadas, as setas podem ser de vários tipos dependendo da posição em que se encontram. As setas de entrada representam informações ou materiais que são utilizados para a realização da atividade. As setas de saída representam os resultados obtidos com a realização da atividade. As setas de recursos representam os elementos ou referências que podem ser utilizados para facilitar ou auxiliar o desenvolvimento da atividade. As setas de controle compreendem as regras ou informações que impactam e direcionam o desempenho da atividade.

Na representação do método, os elementos gráficos acima descritos têm uma semântica adaptada. As caixas representam os passos e sub-passos que devem ser realizados para que se atinja o objetivo do método. As setas de entrada representam as informações que devem ser levantadas para a realização de cada um dos passos. As setas de saída representam os resultados de cada passo. As setas de controle são os elementos que balizam o desenvolvimento e realização dos passos. As setas de recursos correspondem aos elementos que servem de referência e auxílio para a realização do

passo. Cada diagrama do IDEF0 apresenta ainda uma descrição textual que explica cada elemento.

A figura 21 apresenta a lógica de desdobramento dos passos em sub-passos:

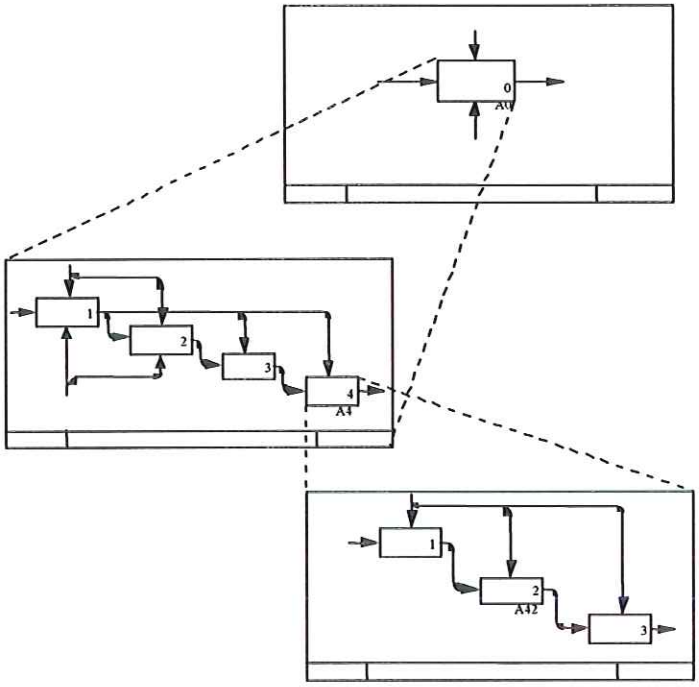


FIGURA 21: Desdobramento das atividades no IDEF0
(Fonte: MAYERS *et al.*, 1993)

Os diagramas a seguir apresentam a visão esquemática do método, incluindo seus passos e sub-passos, as informações utilizadas e geradas por cada um deles e os parâmetros a que estão submetidos. Após os diagramas é apresentada uma descrição de cada elemento.

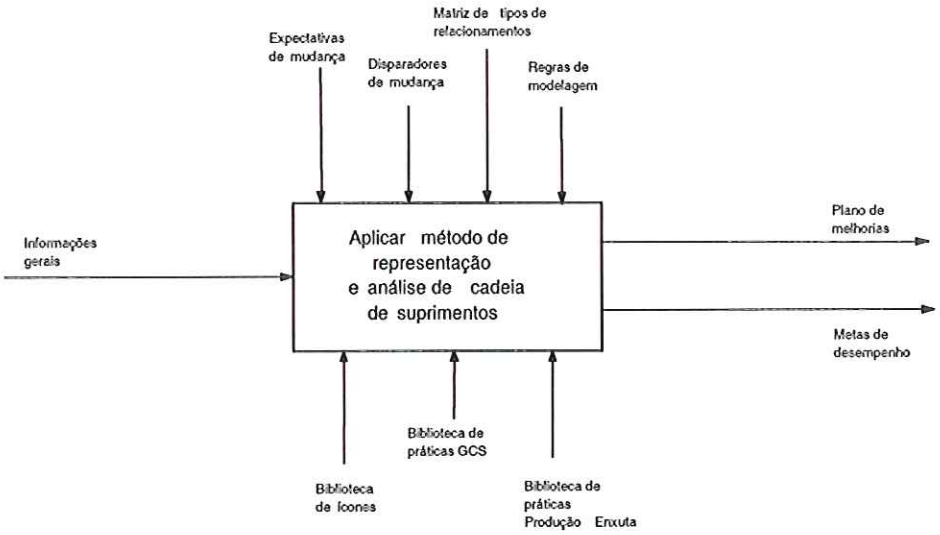


FIGURA 22 : Diagrama A-0 – Aplicar método de representação e análise de cadeia de suprimentos.

ATIVIDADES

A0 - Aplicar método de representação e análise de cadeias de suprimentos: esta atividade é a de mais alto nível e inclui a aplicação do método de forma global.

SETAS

Informações gerais: esta é uma seta de entrada, ela está definida de forma ampla e genérica pois engloba todas as fontes de informações que virão a ser utilizadas ao longo da aplicação do método. Incluem-se aqui informações acerca dos membros, processos, tecnologias, fluxos de materiais e informações, níveis de estoque, meios de transporte, políticas de controle, etc. As informações podem ser obtidas através de várias fontes, como dados históricos, visitas, entrevistas, sistemas de informação e relatórios.

Expectativas de mudança: esta é uma seta de controle, o objetivo é estabelecer quais expectativas os patrocinadores e líderes do projeto esperam obter pela aplicação do método.

Estas expectativas definem o propósito da modelagem e direcionam os esforços da sua condução. A partir delas é possível estabelecer os critérios de delimitação de escopo, os mapas que serão construídos e as possíveis alternativas de melhoria.

Disparadores de mudança: esta é uma seta de controle, disparadores de mudança são fatos que representam uma ameaça ou oportunidade à competitividade da empresa. Podem ser internos ou externos à empresa e alguns podem ser mais críticos do que outros. A identificação desses disparadores permite comunicar a urgência e importância dos esforços de mudança no que se refere a cadeia de suprimentos. Eles atuam em conjunto com as expectativas de mudança definindo e direcionando os esforços de aplicação do método.

Matriz de tipos de relacionamentos: esta é uma seta de controle. Entre os tipos de relacionamento que podem ocorrer entre parceiros comerciais, quatro podem ser distinguidos com base no grau de dependência existente entre eles. São eles: intercâmbio de mercado, dependência no comprador, dependência no fornecedor e parcerias estratégicas. Estes tipos de relacionamentos foram propostos por BENSAOU (1999) e são úteis para direcionar a definição de escopo da modelagem, para determinação dos relacionamentos críticos e definição do grau de dependência entre os parceiros comerciais.

Regras de modelagem: esta é uma seta de controle, aqui são definidas as regras de modelagem a serem seguidas pela equipe de projeto, isto é, quais ícones utilizar, como representá-los, como relacioná-los. Este conjunto de regras é desdobrado a fim de atender as necessidades específicas de cada nível de modelagem.

Plano de melhorias: esta é uma seta de saída e representa o principal resultado do método, este plano compreende as alternativas definidas e selecionadas e estabelece as ações de melhorias. Este plano contém os responsáveis, os cronogramas, as atividades a serem realizadas e demais informações. Ferramentas de gerenciamento de projetos podem ser utilizadas a fim de garantir a robustez do plano.

Metas de desempenho: esta é uma seta de saída e também representa um resultado importante do método, estas metas constituem as métricas referentes ao desempenho da cadeia de suprimentos e dos relacionamentos, que devem ser monitoradas e perseguidas pelos esforços de implementação de melhorias. Servem também para avaliar o progresso das transformações que estão sendo realizadas.

Biblioteca de ícones: esta seta representa um recurso que é utilizado ao longo da aplicação do método, aqui se encontram os elementos gráficos que são utilizados durante a modelagem. Esta biblioteca é desdobrada para cada nível de modelagem e novos elementos de representação podem ser adicionados a ela.

Biblioteca de práticas de GCS: esta seta é um recurso, aqui se localizam as principais práticas relacionadas à gestão da cadeia de suprimentos. Cada prática deve ser detalhada em termos de definição, aplicabilidade, benefícios e restrições. Essas práticas constituem uma importante referência para a definição e seleção das alternativas de melhoria mais adequadas ao caso que está sendo tratado.

Biblioteca de práticas da Produção Enxuta: também uma seta de recursos, aqui se encontram as principais práticas adotadas pela Produção Enxuta.

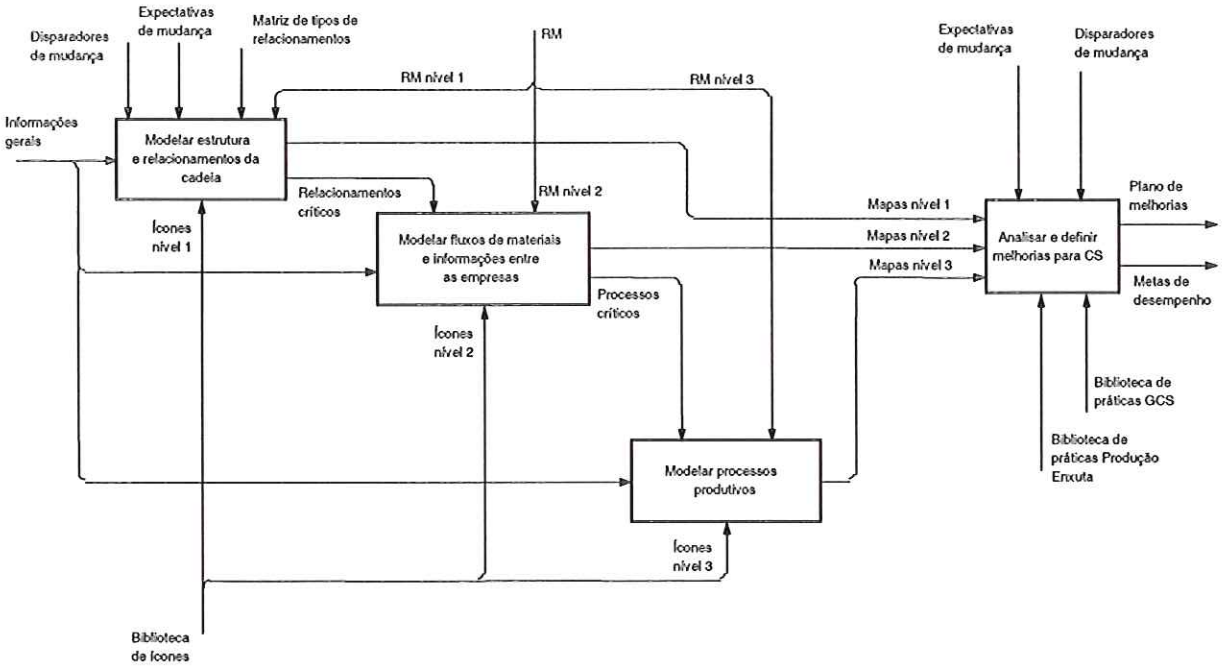


FIGURA 23: Diagrama A0 – Aplicar método de representação e análise de cadeia de suprimentos

ATIVIDADES

A1 - Modelar estrutura e relacionamentos da cadeia: esta atividade tem como objetivo obter o mapa de primeiro nível. Este mapa é construído quando se deseja obter uma visibilidade da estrutura da cadeia e de seus relacionamentos. A cadeia não é mapeada por inteiro, é definido um escopo que delimita o mapeamento.

A2 - Modelar fluxos de materiais e informações: esta atividade tem como objetivo obter o mapa de segundo nível. Este mapa compreende em detalhes diversas variáveis essenciais a gestão de uma cadeia de suprimentos e seus relacionamentos. Os fluxos de materiais e informações, seus comportamentos e políticas, são descritos e representados por este mapa. É possível identificar o grau de sincronização entre os membros da cadeia e realizar análises visando a identificação de potenciais alternativas de melhoria.

A3 - Modelar processos produtivos: esta atividade compreende a obtenção dos mapas de terceiro nível. Estes mapas são bem semelhantes aos mapas obtidos a partir da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor. Este mapa é elaborado quando se deseja e existe a possibilidade de sincronizar detalhadamente os processos produtivos entre mais de uma empresa.

A4 - Analisar e definir melhorias para a CS: esta atividade compreende a análise dos mapas obtidos e a definição e avaliação de alternativas de melhoria, resultando em um plano de melhorias e em um conjunto de metas a serem alcançadas.

SETAS

RM nível 1 / RM nível 2 / RM nível 3: são setas de controle e constituem as regras de modelagem desdobradas para cada nível e mapa de representação.

Ícones nível 1 / Ícones nível 2 / Ícones nível 3 : são setas de recursos e servem como referência para o desenho dos elementos gráficos que devem ser representados em cada nível e mapa. Novos ícones podem ser acrescentados conforme a necessidade. Constituem um desdobramento da biblioteca de ícones.

Relacionamentos críticos: resultado da atividade "Modelar estrutura e relacionamentos da cadeia" esta é uma seta de controle para a atividade "Modelar fluxo de materiais e informações entre as empresas". O resultado da primeira atividade define o que será modelado no segundo nível, os relacionamentos críticos não precisam necessariamente ser definidos a partir da modelagem da estrutura e relacionamentos da cadeia. Conforme o caso é possível determiná-los sem a realização da atividade anterior.

Processos críticos: resultado da atividade "Modelar fluxo de materiais e informações entre as empresas" esta é uma seta de controle para a atividade "Modelar processos produtivos" e define os processos que serão modelados no terceiro nível, este mapa é construído quando existe a possibilidade de criar uma sincronização ao nível de processos produtivos entre diferentes empresas.

Mapas nível 1: corresponde ao resultado da atividade "Modelar estrutura e relacionamentos da cadeia".

Mapas nível 2: corresponde ao resultado da atividade "Modelar fluxo de materiais e informações".

Mapas nível 3: corresponde ao resultado da atividade "Modelar fluxos produtivos".

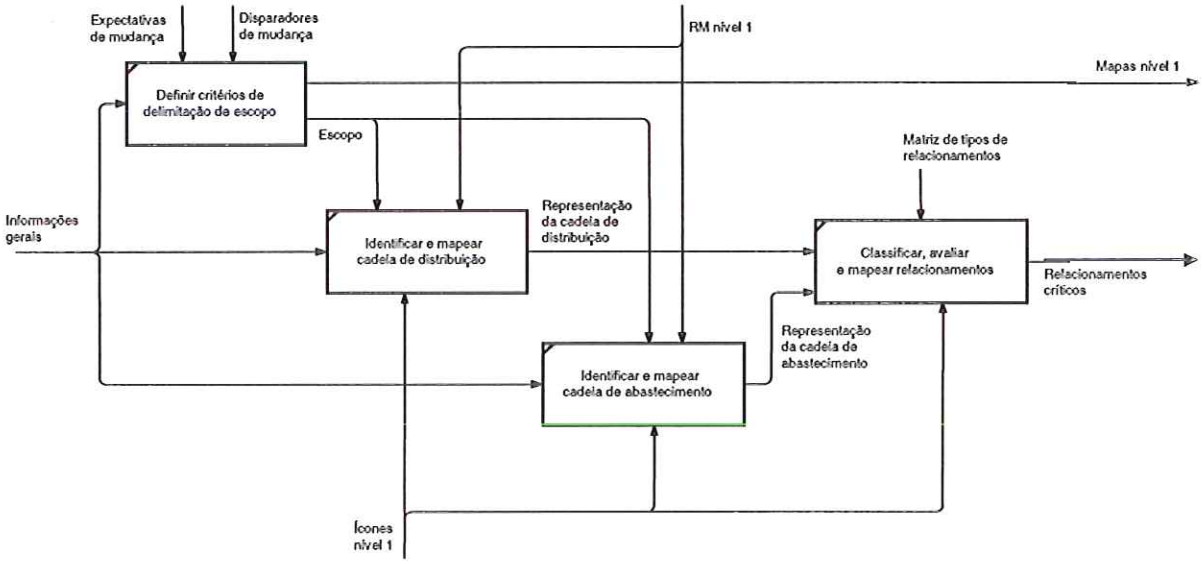


FIGURA 24: Diagrama A1 – Modelar estrutura e relacionamentos da cadeia

ATIVIDADES

A11 - Definir critérios de delimitação de escopo: esta atividade está relacionada ao fato de a cadeia não ser modelada por inteiro, os elementos a serem representados devem

necessariamente atender aos propósitos de aplicação do método com base nas expectativas e disparadores de mudança relacionados à gestão da cadeia de suprimentos. Para a delimitação do escopo podem ser utilizadas ferramentas de classificação ABC, análise de métricas específicas relacionadas a criticidade dos relacionamentos, grau de importância, giro de estoque, custos e qualidade dos itens, e ainda fatores como a localização e possibilidade de integração.

A12 - Identificar e mapear a cadeia de distribuição: esta atividade visa obter a representação da cadeia de distribuição, que vai da empresa foco aos consumidores finais.

A13 - Identificar e mapear a cadeia de abastecimento: esta atividade visa obter a representação da cadeia de abastecimento, que vai da empresa foco às fontes iniciais de matéria-prima.

A14 - Classificar, avaliar e mapear os relacionamentos: esta atividade diz respeito a classificar, avaliar e representar os relacionamentos entre as empresas mapeadas segundo os critérios de delimitação de escopo

SETAS

Escopo: constitui a delimitação dos esforços de modelagem com base nos critérios estabelecidos para a aplicação do método, que por sua vez, tem relação com as expectativas e disparadores de mudança.

Representação da cadeia de distribuição: parte do mapa de primeiro nível que vai da empresa foco aos consumidores finais.

Representação da cadeia de abastecimento: parte do mapa de primeiro nível que vai da empresa foco às fontes iniciais de matéria-prima.

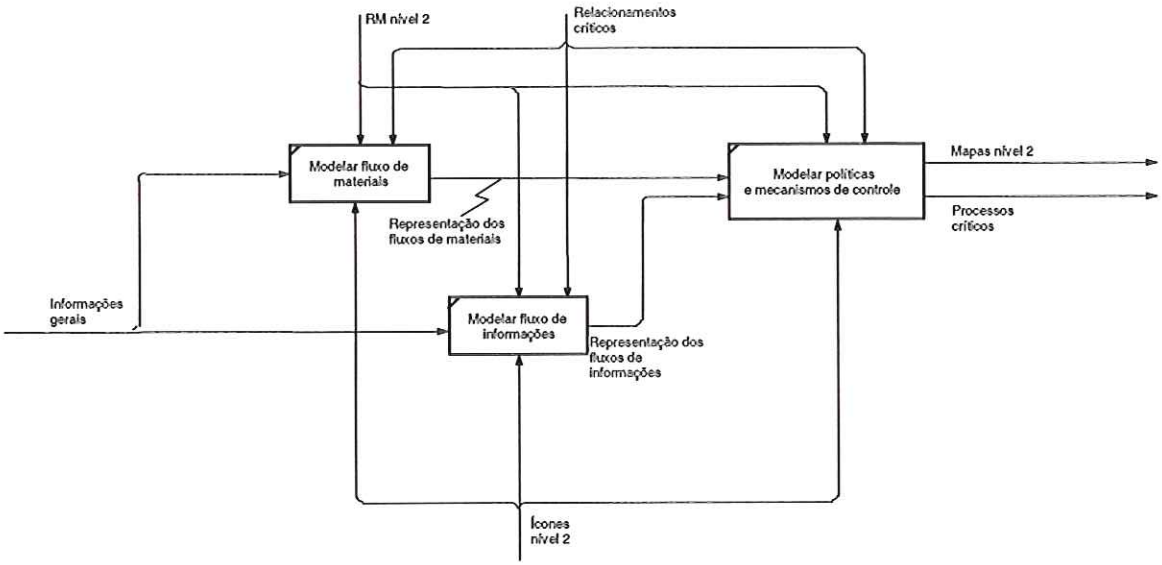


FIGURA 25: Diagrama A2- Modelar fluxo de materiais e informações entre as empresas

ATIVIDADES

A21 - Modelar o fluxo de materiais: esta atividade compreende a representação dos fluxos de materiais, tendo em vista os relacionamentos críticos que delimitam o escopo da modelagem. Entre as informações representadas estão: os meios de transporte, as capacidades destes meios, as freqüências de entregas, os níveis de estoque e seus valores mínimos, médios e máximos, as políticas que determinam o funcionamento do sistema (mínimo estoque, periódico, etc), o tipo de abastecimento (diretamente para linha de produção ou para armazéns), a necessidade de inspeção ou não.

A22 - Modelar o fluxo de informações: esta atividade compreende a representação dos fluxos de informações e das tecnologias associadas que fazem parte dos relacionamentos

críticos que delimitam o escopo da modelagem. Entre as informações representadas estão: o tipo de informação (programação da produção, posição de estoques, pedidos, ordens, etc), a freqüência e conteúdo destas informações, os meios de transmissão e o horizonte de tempo no qual as informações são válidas.

A23 - Modelar políticas e mecanismos de controle: esta atividade compreende a representação das políticas e mecanismos de controle associados aos fluxos de materiais e informações. Por exemplo, o kanban é um mecanismo de informação que dispara ordens de transporte ou de produção, acarretando na movimentação de materiais.

SETAS

Representação dos fluxos de materiais: corresponde a representação dos fluxos de materiais nos mapas de segundo nível.

Representação dos fluxos de informações: corresponde a representação dos fluxos de informações nos mapas de segundo nível.

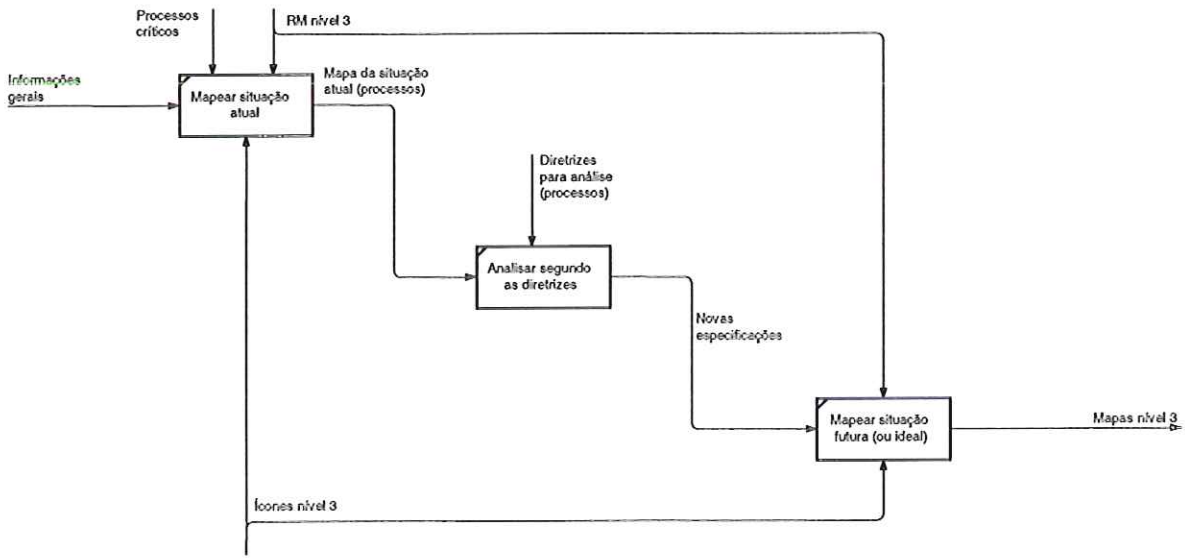


FIGURA 26: Diagrama A3 – Modelar processos produtivos

ATIVIDADES

A31 - Mapear situação atual: esta atividade será realizada principalmente em casos onde existe a possibilidade de sincronização entre processos produtivos de diferentes empresas. São levantadas informações detalhadas acerca de tempos de ciclo, eficiência, produtividade, localização, quantidade de estoques em processamento e disponibilidades dos equipamentos. O mapa obtido por esta atividade é bem semelhante aos mapas obtidos pela aplicação da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor, a diferença diz respeito a extensão da representação para além das fronteiras de uma única empresa.

A32 - Analisar segundo as diretrizes: os processos representados pela atividade anterior são analisados segundo as diretrizes propostas pela técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor. Essas diretrizes visam analisar aspectos específicos referentes aos fluxos de materiais e informações entre os processos produtivos, visando a obtenção de um fluxo contínuo e sincronizado entre eles, que reduza os estoques e elimine os desperdícios.

A33 - Mapear a situação futura (ou ideal): esta atividade visa a obtenção de eventuais modificações que serão avaliadas em uma etapa posterior.

SETAS

Mapa da situação atual (processos): corresponde a representação dos processos produtivos entre diferentes empresas.

Novas especificações: correspondem as mudanças realizadas no mapa segundo as diretrizes da técnica de MFV.

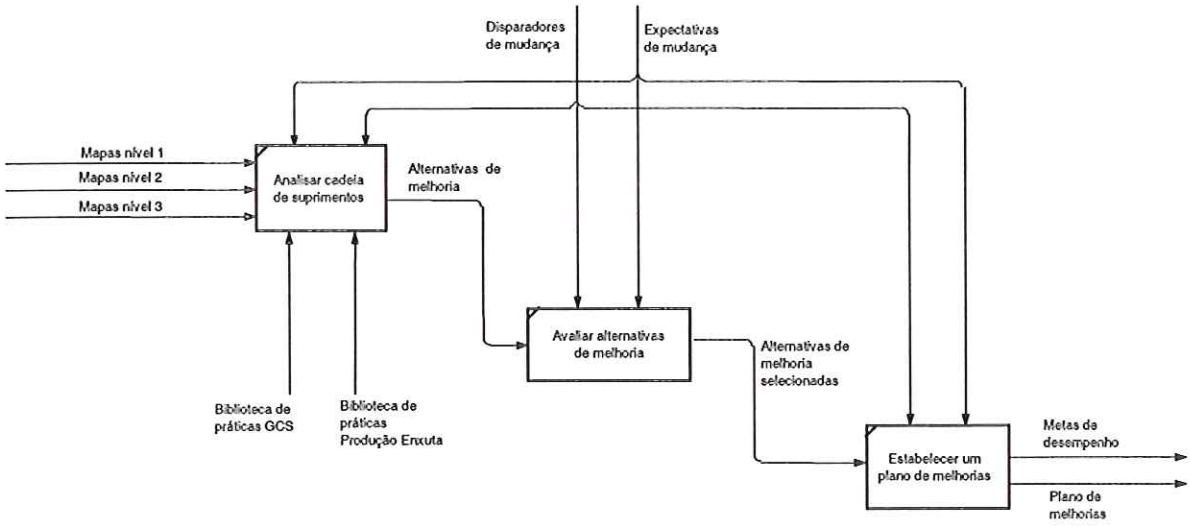


FIGURA 27: Diagrama A4 – Analisar e definir melhorias para a Cadeia de Suprimentos

ATIVIDADES

A41 - Analisar cadeia de suprimentos: esta atividade corresponde a análise dos mapas que foram obtidos anteriormente e que contém as informações e variáveis essenciais que determinam o desempenho da cadeia. As análises devem ser realizadas tendo em vista as expectativas e disparadores de mudança, o objetivo deve ser sempre em reduzir os custos e aumentar os níveis de serviço.

A42 – Avaliar alternativas de melhoria: várias alternativas podem ser geradas e esta atividade é responsável pela avaliação e seleção das melhores alternativas, considerando custos e benefícios da implementação de cada uma delas.

A43 - Estabelecer um plano de melhorias: após a seleção das alternativas, é necessário que se estabeleça um plano contendo informações como: responsáveis pela implementação, mapas futuros, cronogramas e metas a serem alcançadas, entre outras.

SETAS

Alternativas de melhoria: corresponde a todas as alternativas geradas pela análise dos mapas.

Alternativas de melhoria selecionadas: corresponde ao resultado da avaliação da relação custo/benefício das alternativas geradas que foram geradas anteriormente. São as alternativas que deverão ser implementadas.

O capítulo a seguir mostra através de uma ilustração hipotética como os passos e sub-passos do método estão relacionados à obtenção dos mapas. Desta forma é possível visualizar e compreender melhor os processos de raciocínio e de tomada de decisão que ocorrem no decorrer da aplicação do método.

5

5. Exemplo ilustrativo de aplicação

A intenção deste capitulo é apresentar uma ilustração de como ocorreria na prática a aplicação do método de modelagem de cadeias de suprimentos. Inicialmente são discutidas as principais inovações adotadas por diversas montadoras de veículos, principalmente no Brasil. A finalidade desta discussão é demonstrar que os conceitos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, mais especificamente os de gestão da cadeia de suprimentos e de produção enxuta, têm sido realmente implementados e com grande sucesso.

Destacando-se a nova configuração e os novos arranjos do setor automotivo brasileiro é possível perceber claramente que as novas fábricas possuem como características comuns a aproximação dos fornecedores e a sincronização das operações entre montadora e parceiros.

A Ford, na Bahia, possui 29 fornecedores operando no mesmo terreno, alguns até sob o mesmo teto e como parte integrante da linha de montagem. Este arranjo inclui até fornecedores de segundo nível que também operam em sincronia com a montadora. O autor deste trabalho teve a oportunidade de participar do processo de mapeamento dos fornecedores envolvidos na operação desta nova fábrica utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor e alguns conceitos desenvolvidos neste

trabalho. No entanto, as informações obtidas não puderam ser disponibilizadas devido a questões confidenciais.

A Peugeot-Citroen, no Rio de Janeiro, possui um local nas proximidades da fábrica denominado Parque Tecnológico onde estão instalados os principais fornecedores.

A Volkswagem, em duas fábricas também adota a mesma linha de aproximação de fornecedores seguida da sincronização das operações. A primeira fábrica, VW-Audi, se localiza no Paraná e a segunda, de caminhões, no Rio de Janeiro. O sistema adotado pela fábrica de caminhões é chamado de consórcio modular, surgiu em 1995 e foi um dos pioneiros no Brasil e no mundo. Os fornecedores chegam a ser responsáveis pela montagem final dos caminhões na linha da VW, que passou a ser responsável pelo controle e qualidade final dos veículos.

A General Motors, no Rio Grande do Sul, possui 17 fornecedores chamados de sistemistas que também operam em sincronia em um sistema chamado de condomínio industrial.

Em resumo, pode-se dizer que o setor automotivo tem buscado aplicar e incorporar os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, pela aproximação e estreitamento dos laços com os fornecedores, e de produção enxuta, pela sincronização de um maior número de operações e conseqüente eliminação de desperdícios.

Em síntese, um projeto de aplicação do método de modelagem de cadeia de suprimentos envolve inicialmente a identificação dos disparadores e expectativas de mudança em relação à cadeia de suprimentos e a eliminação dos desperdícios que ocorrem ao longo dos diversos sistemas produtivos envolvidos.

A partir da empresa foco, responsável por liderar a aplicação do método e a implementação das melhorias, são identificados os critérios de delimitação de escopo. Esses critérios visam reduzir o número de elementos a serem mapeados, focando nos elementos de maior potencial.

Por exemplo, se a implementação visa uma redução de custos, esses critérios vão procurar estabelecer quais empresas são responsáveis pelos maiores volumes financeiros. No caso de redução de inventário, o critério pode se referir ao giro dos estoques.

Enfim, os critérios vão definir quais empresas serão analisadas e constituirão o mapa de primeiro nível, tanto no que se refere à cadeia de distribuição como no que se refere à cadeia de abastecimento. E ainda, dependendo da situação, o foco pode envolver apenas os fornecedores ou apenas os clientes.

Com o foco e o escopo definidos são levantadas informações básicas sobre as empresas. Os relacionamentos são avaliados e classificados com base na matriz proposta por BENSAOU (1999) que indica o grau de dependência entre os parceiros comerciais. Esta matriz é apresentada no capítulo 2.

Um dos objetivos desta classificação é determinar a viabilidade de implementação de modificações nas atuais formas de operação. Relacionamentos que possuem a característica de parceria estratégica terão mais chances de serem avaliados e melhorados.

As etapas descritas acima constituem a obtenção do mapa de primeiro nível. Com este mapa em mãos é possível determinar os relacionamentos críticos e que oferecem os maiores potenciais de melhoria, e portanto devem ser analisados com

maiores detalhes. A figura 28 ilustra a relação entre estas atividades e o mapa de primeiro nível.

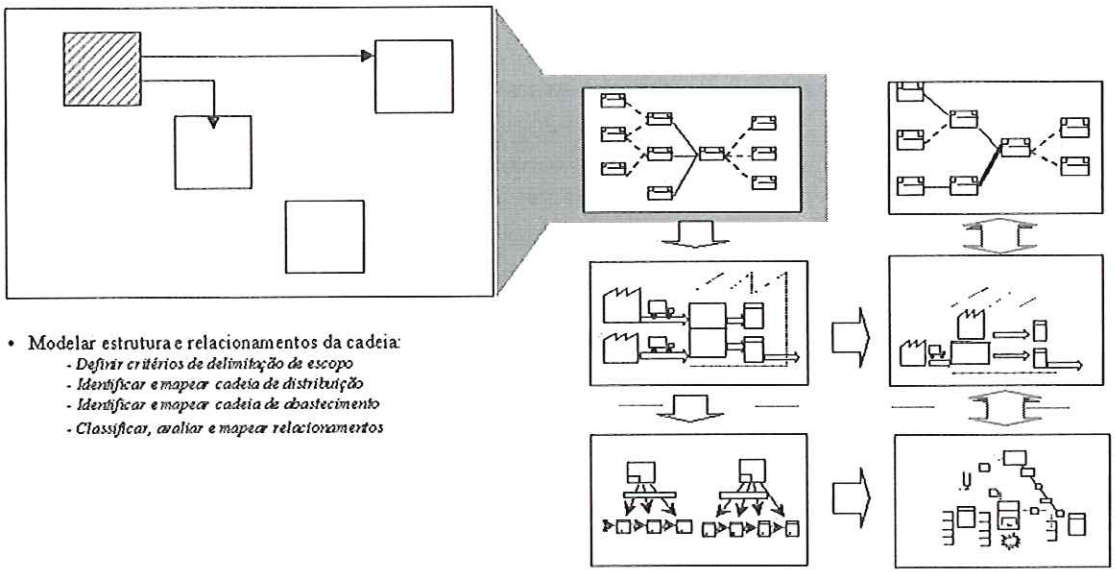


FIGURA 28: Obtenção do mapa de primeiro nível

Como pode ser notado na figura 28, o primeiro passo do método é desdobrado em quatro sub-passos e o resultado principal é a obtenção do mapa de primeiro nível e a definição dos relacionamentos críticos. Estes relacionamentos críticos balizarão o mapeamento do segundo nível.

Em relação ao exemplo de ilustração proposto, definiu-se uma situação onde se supõe a existência de uma empresa montadora de mini-buggys que deseja realizar uma avaliação da sua cadeia de suprimentos visando a identificação de oportunidades de melhoria. Após o levantamento dos disparadores de mudança, das expectativas de melhoria e da definição do escopo de modelagem, foi obtido o mapa de primeiro nível, representado pela figura 29.

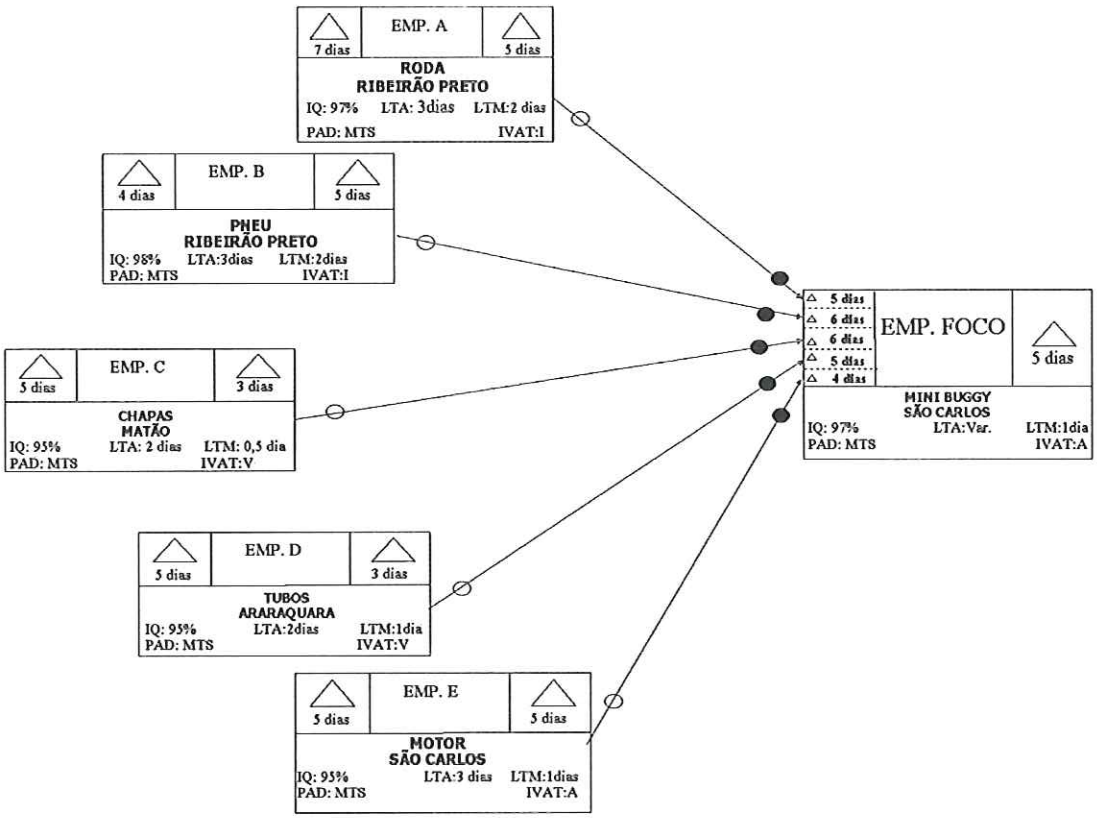


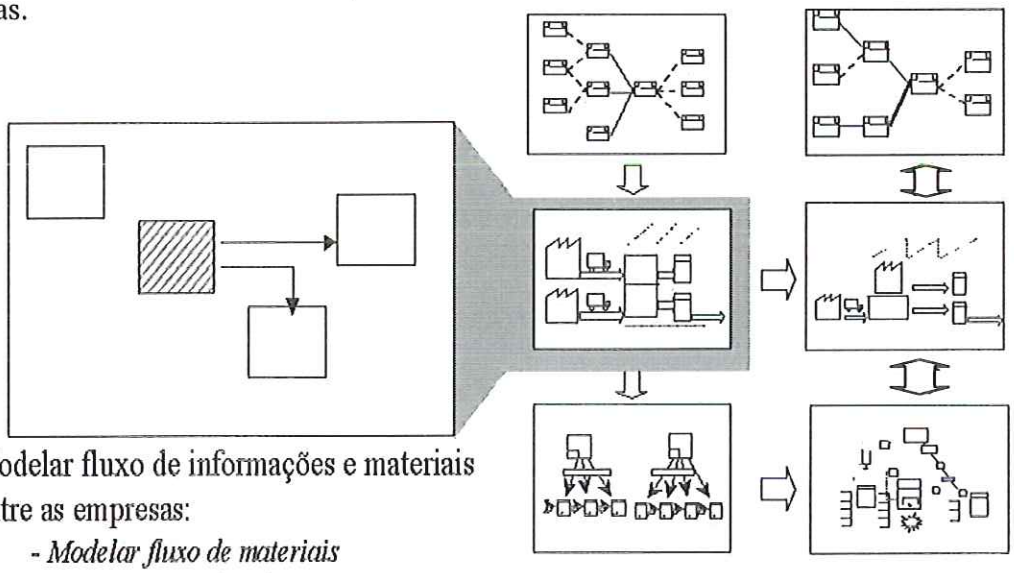
FIGURA 29: Exemplo de um mapa de primeiro nível - situação atual

Na figura 29 é possível notar que apenas uma parte dos fornecedores da empresa foram mapeados, e que cada empresa teve uma série de informações levantadas. Isto ocorre como parte das etapas iniciais do método que definem quais serão os critérios de delimitação de escopo. Estes critérios são utilizados para definir quais elementos da cadeia serão mapeados, e como pode ser notado no exemplo, apenas uma parte dos fornecedores foi escolhida para fazer parte das análises.

Ainda segundo a figura percebe-se que a empresa A, por exemplo, fornece as rodas do mini-veículo, está localizada em Ribeirão Preto e seu índice de qualidade é de 98 %. Sua política de atendimento da demanda é *make-to-stock*, isto é, seus pedidos são atendidos a partir de um estoque de produtos acabados. O padrão do sistema de manufatura segundo a classificação IVAT é do tipo I, o que indica que o número de matérias-primas é baixo em relação aos produtos finais. O leadtime de

atendimento da empresa A é de 3 dias, e o tempo médio de manufatura de seus produtos é de 2 dias. A empresa mantém em média um estoque de produtos acabados de 5 dias e de matéria-prima de 7 dias. O relacionamento da empresa A com a empresa foco é caracterizado por uma relação de dependência na qual a empresa A depende de seu cliente, a empresa foco. As quantidades e valores representados no mapa não têm um grau de precisão muito elevado, o objetivo é apenas o de fornecer uma visão geral sobre a situação na qual a cadeia atua. As mesmas informações levantadas sobre a empresa A também foram levantadas para as demais empresas.

As próximas atividades incluem a definição de quais são os relacionamentos críticos e que deverão ser mais detalhados nos mapas de segundo nível. Nos mapas de segundo nível são representados os fluxos de materiais e informações, suas políticas, mecanismos de controle e tecnologias associadas. A partir daqui já é possível identificar desperdícios e oportunidades de melhoria. A figura 30 ilustra a relação entre o passo "Modelar fluxo de materiais e informações entre as empresas", seus desdobramentos e o mapa de segundo nível, posicionado no contexto dos demais mapas.



Modelar fluxo de informações e materiais entre as empresas:

- *Modelar fluxo de materiais*
- *Modelar fluxo de informações*
- *Modelar políticas e mecanismos de controle*

FIGURA 30: Obtenção do mapa de segundo nível

Conforme a figura 30, os resultados da atividade 'Modelar fluxo de informações materiais' dizem respeito ao mapa de segundo nível propriamente dito e aos processos críticos, que determinarão quais serão os elementos representados nos mapas de terceiro nível. A seta indicando a passagem do segundo nível, da situação atual para a situação futura representa que a partir deste nível já podem ser identificadas oportunidades de melhoria, sem que ocorra necessariamente um mapeamento de terceiro nível.

No caso do exemplo de ilustração, os relacionamentos definidos como críticos têm um conjunto maior de informações levantadas. A figura 31 ilustra o mapa de segundo nível com a representação das empresas, fluxos de materiais e informações, e ainda dados sobre o armazém de recebimento e o fluxo de materiais para a linha de produção.

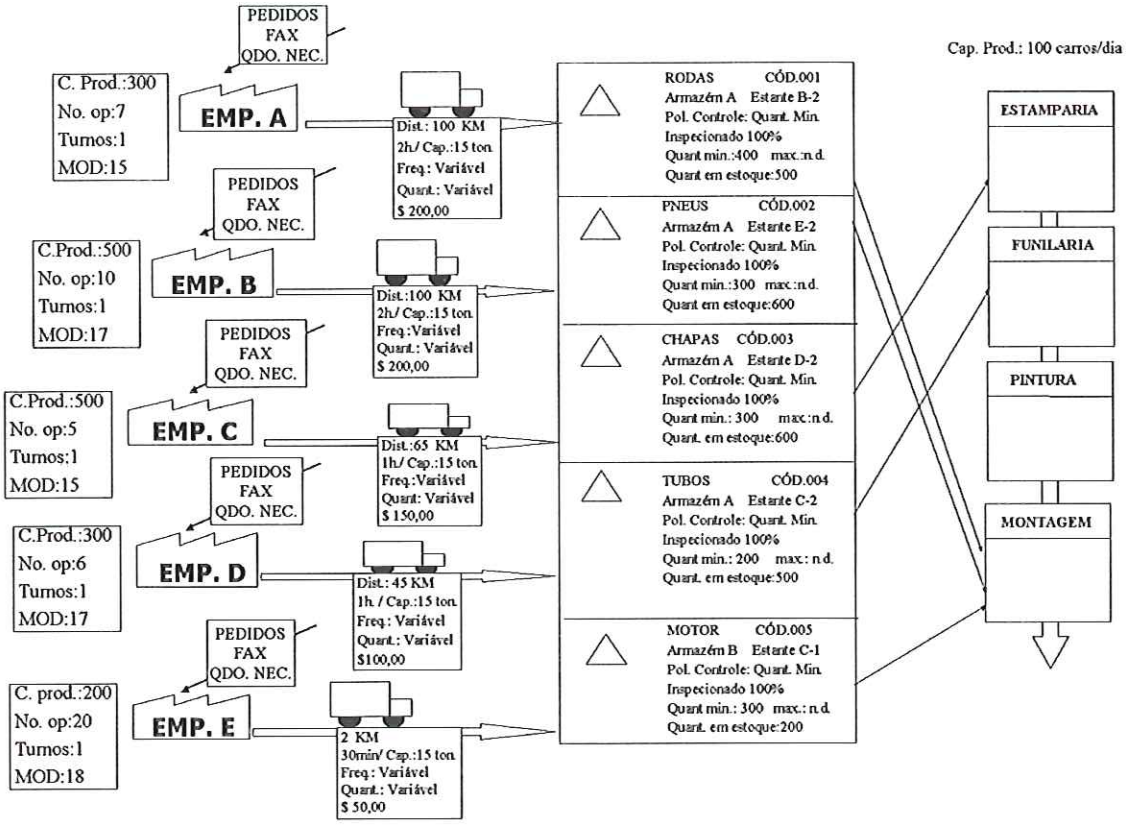


FIGURA 31: Exemplo de um mapa de segundo nível - situação atual

Como pode ser notado na figura, os pedidos da empresa para seus fornecedores são realizados através de fax quando necessário. A empresa A possui uma capacidade produtiva de 300 rodas por dia, que são fabricadas por uma média de 7 operações em 1 turno. A linha de produção da empresa A possui uma mão-de-obra direta de 15 funcionários. O transporte das rodas da empresa A para a empresa foco não ocorre de uma forma regular. A distância de 100 quilômetros é percorrida por um caminhão com capacidade de carga de até 15 toneladas. O percurso leva em média 2 horas e o custo do frete é de R$ 200,00 reais. A quantidade transportada tem um volume variável e nenhum lote específico de transporte é determinado. Quanto ao armazém de recebimento, pode se observar que as rodas, código 001, estão localizadas no armazém A, na estante B-2, e que a política de controle é baseada na quantidade mínima. A política de inspeção exige que 100% das peças sejam inspecionadas. A quantidade

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

mínima é de 400 peças e não há uma quantidade máxima definida. A quantidade média encontrada nos estoque é de 500 peças. A capacidade produtiva da empresa foco é de 100 mini-veículos por dia.

O fluxo de materiais do armazém para a linha de produção também é indicado. Neste exemplo não há detalhes sobre estes fluxos, porém existem casos em que esta parte apresenta uma importância significativa e portanto deve ser mapeada. Estas e outras opções são determinadas pela equipe de projeto, que seleciona e enfatiza as partes e informações representadas consideradas de maior interesse para o projeto.

A partir da obtenção deste mapa já é possível vislumbrar algumas melhorias potenciais. Na ilustração, observa-se a possibilidade de se compartilhar determinadas rotas, como por exemplo, das empresas de rodas e pneus, localizadas na mesma cidade. E também das empresas de tubos e chapas, pois uma empresa está localizada em uma cidade intermediária. A determinação de dias específicos para a realização dos pedidos e também das entregas pode otimizar os fluxos de transporte e os estoques das empresas.

Casos que tenham o potencial de uma integração operacional entre os processos das empresas representadas neste nível devem ser ainda mais detalhados, o que é feito com a obtenção dos mapas de terceiro nível.

Em relação aos passos do método, observa-se que a figura 32, ilustra os dois últimos passos contribuindo simultaneamente para a obtenção de todos os demais mapas. Isso ocorre pois um dos sub-passos de mapeamento do terceiro nível já inclui um processo de análise como herança da técnica de MFV.

As alternativas geradas por esta análise inicial devem ser avaliadas a luz dos impactos que vão ocorrer nos níveis superiores. Desta maneira é possível avaliar a viabilidade das alternativas de uma forma mais adequada.

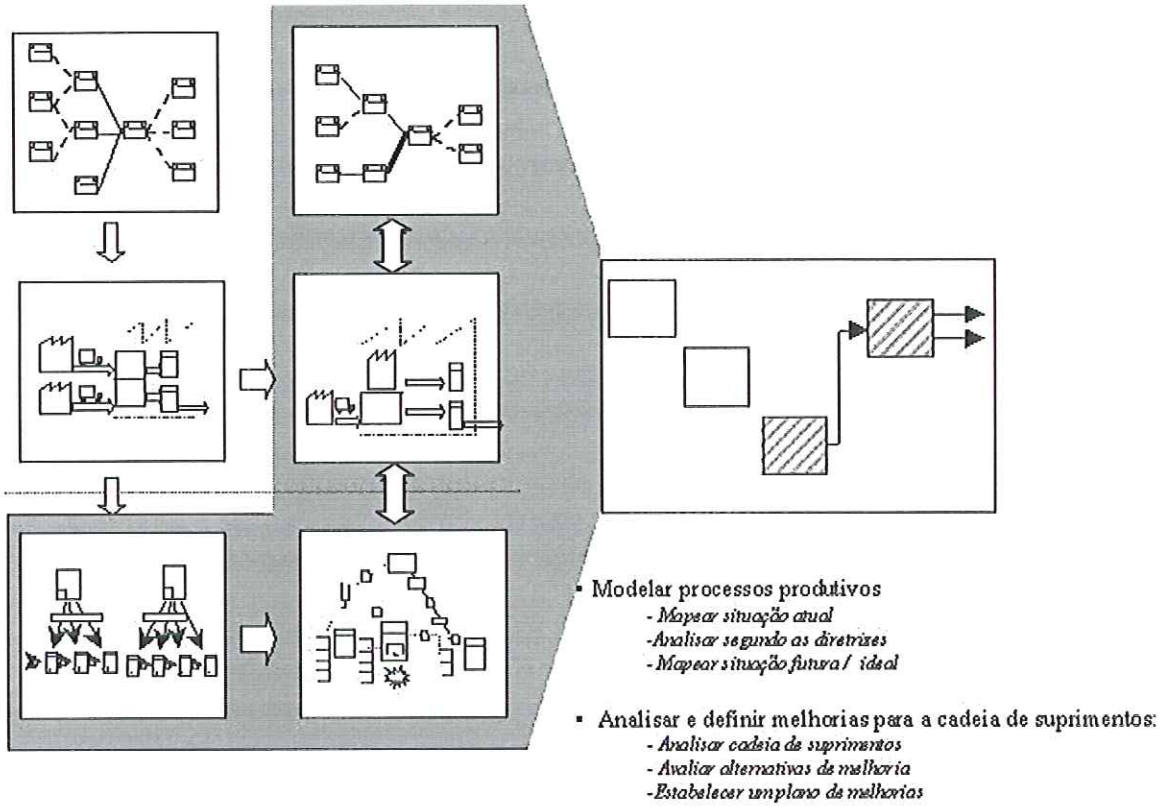


FIGURA 32: Obtenção dos demais mapas

Conforme ilustra a figura este é um processo iterativo, com várias idas e vindas entre os diversos níveis. O objetivo é chegar a uma solução consistente e viável.

A figura 33 apresenta uma ilustração entre os processos produtivos da empresa de motores e da empresa foco. A possibilidade de integração entre os processos produtivos das empresas motivou a análise, realizada através dos mapas de terceiro nível.

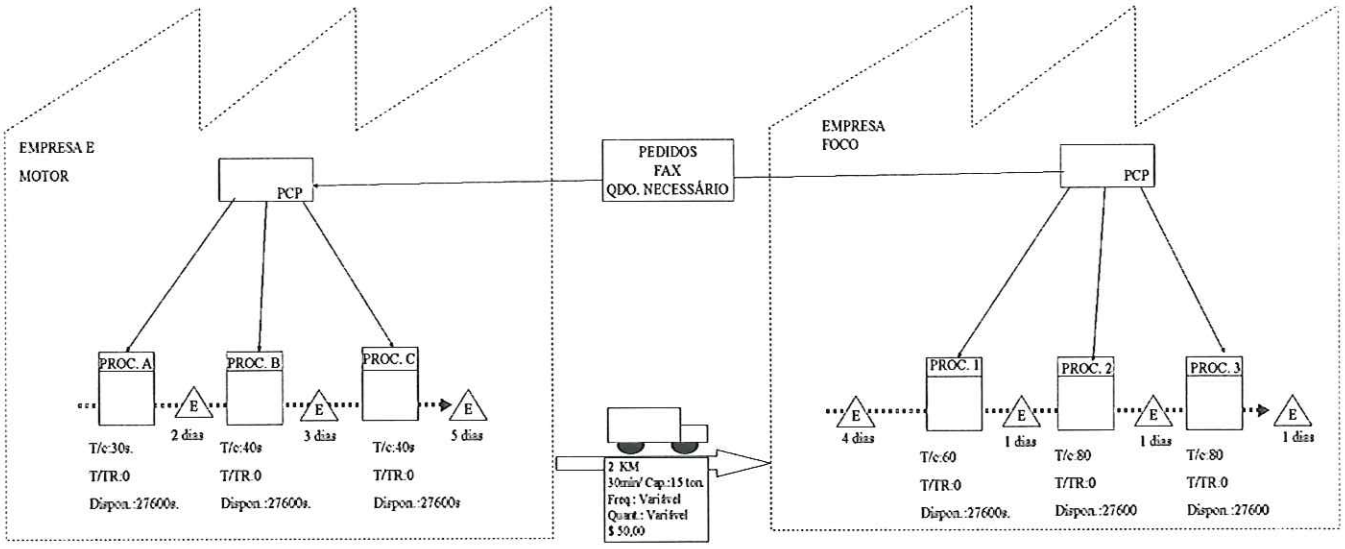


FIGURA 33: Exemplo de um mapa de terceiro nível - situação atual

São mapeados os processos, suas características, o fluxo de informação dentro de cada empresa e as quantidades de estoques e materiais em processamento. Algumas informações acabam se repetindo entre os diferentes níveis, como por exemplo a que representa o fluxo de materiais entre as empresas. O intuito do exemplo é de apenas ilustrar uma aplicação do método. As informações levantadas não refletem nenhum caso real e foram simplificadas com objetivo de facilitar ao máximo a demonstração.

De posse deste mapa e seguindo as diretrizes propostas pelo MFV, inicia-se a construção de um mapa futuro. As primeiras alternativas geradas são analisadas em função da relação custo-benefício e da viabilidade de implementação. No entanto as análises finais são realizadas em uma próxima etapa do método, que inclui a verificação da consistência entre os diversos níveis, uma avaliação de todas as alternativas de melhoria e a definição de um plano de ações.

Retornando ao exemplo da cadeia de suprimentos da empresa de mini-buggys, após a obtenção do mapa de terceiro nível da situação atual, as diretrizes são então analisadas. A figura 34 apresenta o mapa de terceiro nível de uma solução que envolve uma integração operacional entre a empresa de motores e a empresa foco.

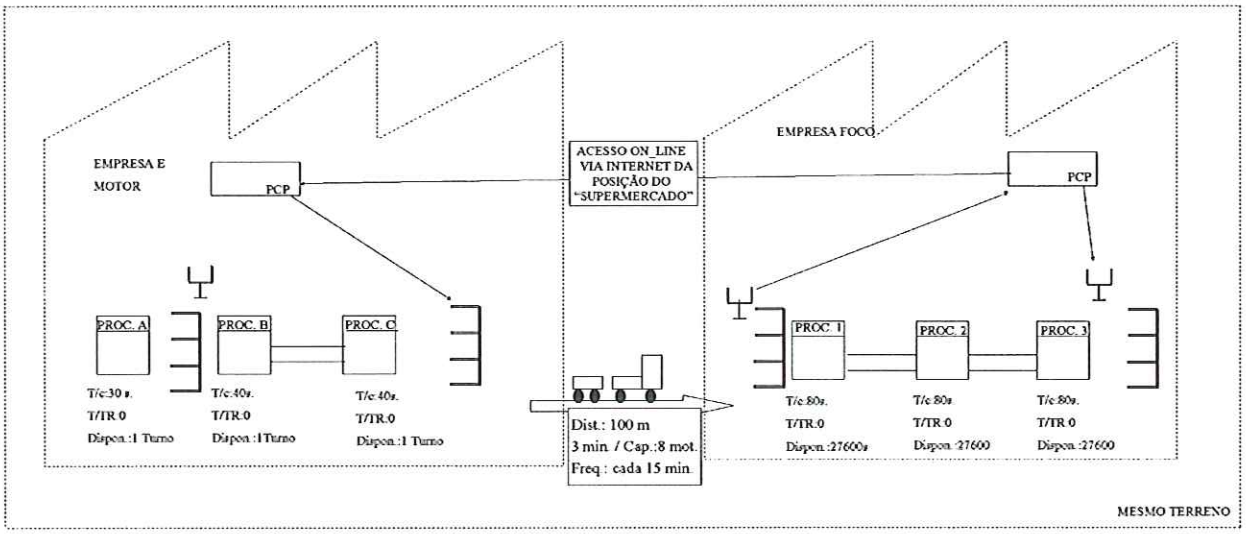


FIGURA 34: Exemplo de um mapa de terceiro nível - situação futura

Como pode ser notado na figura 34, a implementação de várias soluções são sugeridas, como por exemplo a aproximação dos fornecedores, que passam a operar em um mesmo terreno, a utilização de sistemas de "supermercados" e a adoção de fluxos contínuos entre os processos produtivos.

As demais figuras, 35 e 36, representam a situação futura nos níveis mais genéricos. A importância de obtenção destes mapas, quando se obtém o terceiro nível, se refere mais ao monitoramento das metas estabelecidas e ao processo de comunicação entre os envolvidos com o projeto, do que propriamente à proposição das modificações. Nos demais casos, onde as potenciais melhorias são identificadas no segundo nível, o processo de construção de uma situação futura também ocorre neste nível.

A figura 35 apresenta a situação futura de um mapa de segundo nível, onde é possível perceber a transferência de recebimento de material da montadora para um dos fornecedores e o compartilhamento de uma rota de entrega de materiais.

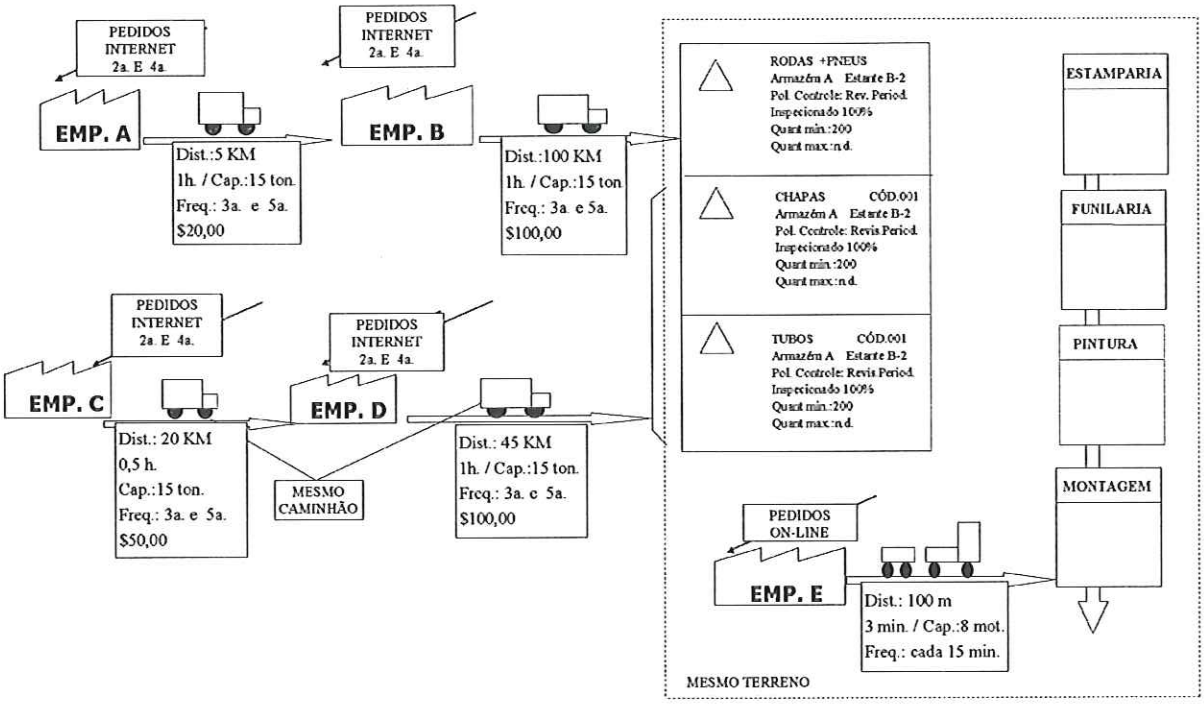


FIGURA 35: Exemplo de um mapa de segundo nível - situação futura

Como pode ser notado na figura 35, ao invés de receber de dois fornecedores, os de pneus e os de rodas, de forma separada, apenas um fornecedor passa a entregar o conjunto, rodas com pneus, para a montadora. Esta é uma tendência clara em cadeias do setor automotivo, estruturalmente pode-se dizer que está havendo do lado dos fornecedores uma diminuição da dimensão vertical com um aumento da dimensão horizontal.

A figura 36 ilustra o primeiro nível de uma situação futura, onde percebe-se, em relação ao primeiro nível da situação atual, o deslocamento dos relacionamentos. As informações contidas nestes modelos devem ser coerentes e consistentes em relação aos modelos de níveis mais detalhados.

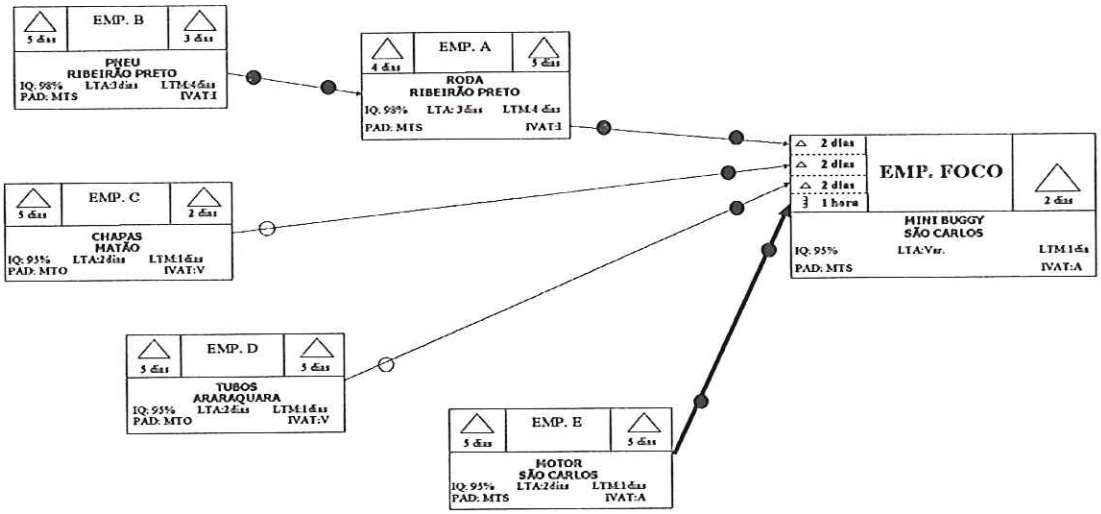


FIGURA 36: Exemplo de um mapa de terceiro nível - situação futura

Como pode ser notado na figura 36, ao final da aplicação do método percebe-se quais foram as principais modificações feitas na cadeia. A empresa B, como salientado anteriormente, passou a entregar para a empresa A. Os relacionamentos também evoluíram em termos do grau de integração entre os mesmos e em relação ao aumento no nível das parcerias.

Apesar da suposição de informações e da simplicidade dos mapas ilustrados pelas figuras, percebe-se que a complexidade das operações de uma cadeia pode ser representada e analisada com a utilização de elementos definidos. Sabe-se que na prática casos complexos, como o das montadoras de veículos, envolvem a análise detalhada de todas as operações, e que os mecanismos e ferramentas que visem auxiliar a todo este processo são de grande valor.

O capítulo a seguir apresenta as demais conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e indica algumas propostas de trabalho futuro.

6

6 . Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho demonstrou, inicialmente, a relação e importância de três temas tradicionalmente tratados de forma independente. A integração entre estes temas, e a proposta de um método com o objetivo de auxiliar a implementação conjunta dos conceitos e práticas relacionadas a cada um, constituem as maiores contribuições deste trabalho.

A gestão da cadeia de suprimentos visa aumentar a integração entre os membros participantes da cadeia de forma a atender melhor as necessidades dos consumidores finais. O maior desafio hoje é, diante das possibilidades proporcionadas pelos avanços tecnológicos, conseguir minimizar os custos e maximizar o nível de serviços aos clientes. Este é o objetivo da gestão da cadeia de suprimentos. A produção enxuta, enquanto filosofia de gestão, se aplica a qualquer sistema produtivo, e sua meta é eliminar os desperdícios, adotando uma perspectiva sistêmica em relação ao comportamento dos componentes e recursos que impactam o desempenho da empresa. A modelagem de empresas, recurso utilizado para reduzir a inerente complexidade dos sistemas organizacionais, tem como finalidade propiciar a compreensão, a comunicação e a análise destes sistemas.

A razão primordial para a complexidade das organizações se baseia no número de entidades e variáveis envolvidas, no relacionamento entre estes elementos e ainda nas variáveis que não podem ser controladas (VERNADAT,1996). Quando se trata de cadeias de suprimentos o que ocorre é justamente a ampliação do sistema sob análise pela incorporação de participantes e variáveis não considerados anteriormente. A complexidade aumenta e a necessidade de compreensão, comunicação e análise também.

Diante desta necessidade, este trabalho procurou desenvolver um método cujo objetivo é auxiliar as empresas a identificarem oportunidades de melhorias e eliminação de desperdícios a partir da modelagem da cadeia de suprimentos da qual fazem parte.

O Mapeamento do Fluxo de Valor, técnica de modelagem voltada para a implementação dos conceitos de produção enxuta no nível de chão-de-fabrica, foi adotado como base para a realização deste trabalho. Suas características e vantagens, confirmadas pela ampla utilização prática por parte de várias empresas, foram avaliadas e incorporadas ao método. Algumas limitações foram também identificadas e superadas a partir do desenvolvimento de novas abordagens. Outras limitações, inerentes em função da proposta definida de balanceamento do *tradeoff* que ocorre ao se utilizar técnicas de modelagem, acabaram também sendo incorporadas.

Entre as conclusões obtidas pelo desenvolvimento deste trabalho, pode-se destacar:

Primeiramente, em relação ao tema gestão da cadeia de suprimentos, conclui-se que este é um tema ainda em construção. Do ponto de vista teórico, as

diversas formas de se abordar uma cadeia em termos de estrutura, processos, produtos, relacionamentos e demais características, demonstra não haver um consenso geral. Em alguns casos estas formas se complementam e em outros se mostram até antagônicas. Isto é típico de um processo de construção de conhecimento, e por ser acentuado, indica que o tema se encontra em uma fase inicial de desenvolvimento.

Do ponto de vista prático, as relações de poder entre clientes e fornecedores, que muitas vezes não se constituem em relações "ganha-ganha", representam um ponto delicado e que limita a implementação dos conceitos que, teoricamente, visam trazer benefícios mútuos aos membros da cadeia. Isto é, o compartilhamento dos resultados é contingencial, pois a prática demonstra que algumas relações comerciais entre clientes e fornecedores ocorrem de forma competitiva e não cooperativa, como prega a gestão da cadeia de suprimentos. Teoricamente, um autor que nos remete a isso de maneira clara é PORTER (1992) que ao debater as cinco forças que regem a competitividade em um setor trata a relação entre o poder dos clientes e o poder dos fornecedores, como duas forças determinantes do desempenho competitivo de uma empresa.

Este ponto, apesar de não ter sido tratado enfaticamente neste trabalho, foi um ponto que emergiu ao se tratar o tema e merece atenção no que se refere a aplicação do método desenvolvido e possibilidade futura de desenvolvimento de novos trabalhos.

Em segundo lugar, em relação aos conceitos de produção enxuta, conclui-se que os benefícios para as empresas são evidentes. A busca da eliminação dos desperdícios tendo como base uma visão sistêmica da empresa e o relacionamento entre

seus diversos componentes e recursos são aplicáveis e trazem resultados a qualquer sistema organizacional. Conclui-se portanto que este é o diferencial maior deste conceito, que, através de uma visão sistêmica, pretende buscar a eliminação das causas que geram ineficiências e acarretam em custos desnecessários. No entanto esta visão conceitual passa necessariamente pela implementação de algumas técnicas e instrumentos que necessitam de determinadas condições para que possam ser operacionalizadas em consonância com os princípios fundamentais propostos. Muitas vezes a não observação destas condições leva a resultados piores e comprometem a adoção e credibilidade dos conceitos.

Cabe ressaltar a importância de uma visão crítica por parte das pessoas responsáveis pela proposição de modificações nos sistemas organizacionais no que diz respeito principalmente a adequação dos instrumentos que tradicionalmente fazem parte do elenco de técnicas da produção enxuta.

Vale ressaltar ainda que outras abordagens relacionadas aos sistemas produtivos que tratem a relação sistêmica entre os diversos componentes, como por exemplo a Teoria das Restrições, de GOLDRATT (1995), apesar de não terem sido especificamente contempladas neste trabalho, podem vir a utilizar a base que já foi desenvolvida. As possíveis complementações podem ser realizadas através da incorporação de novas idéias e formas de análise às bibliotecas de melhores práticas, servindo assim como elementos de referência para a proposição de novas soluções.

Em terceiro lugar, em relação aos conceitos de modelagem de empresas, conclui-se que a importância de sua utilização por parte das empresas é realmente significativa e que esta importância aumenta em se tratando de cadeias de suprimentos.

Este não é um conceito novo. A simplificação de determinados sistemas a partir de um conjunto de regras e formalismos previamente definidos é um recurso já utilizado há bastante tempo. Em se tratando de técnicas de modelagem, as particularidades e características de cada uma são fruto principalmente da aplicação e dos objetivos pretendidos, e isso obviamente incorre em algumas vantagens e desvantagens.

Uma tendência clara e que pode ser evidenciada a partir deste trabalho é que as técnicas de modelagem estão cada vez mais incorporando novas formas e elementos que permitem a análise dos modelos obtidos, uma destas formas é através do fornecimento de pistas ou diretrizes aos usuários. Novamente é valido ressaltar que cabe as pessoas responsáveis pelos projetos a visão critica sobre a aplicabilidade e amplitude dos benefícios que podem ser alcançados. Além disso, em relação aos tipos de modelos utilizados, pode se dizer que aqueles aos quais se referiram este trabalho são de natureza estática. Existem também os chamados modelos dinâmicos, que pelo uso de suporte computacional associado a modelos estatísticos e matemáticos permitem uma visualização e simulação mais completa sobre o comportamento do sistema através de animações gráficas.

A complexidade para obtenção destes modelos é extremamente elevada e a opção neste trabalho foi pela simplicidade e facilidade na obtenção dos modelos. No entanto, como sugestão de trabalho futuro e tendo em vista que o processo de obtenção de modelos dinâmicos passa necessariamente pela obtenção de modelos estáticos, sugere-se como tema de pesquisa futura a incorporação ou adaptação do método aqui desenvolvido de forma a permitir ou facilitar a obtenção de modelos dinâmicos que visem a simulação de cadeias de suprimentos.

Em quarto lugar, em relação a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor, utilizada como base para o desenvolvimento e proposição do método estabelecido neste trabalho, conclui-se inicialmente que conceitualmente ela faz parte tanto da esfera relacionada a produção enxuta como da esfera relacionada a modelagem de empresas. Portanto, as observações realizadas em relação a estes dois conceitos são igualmente válidas para o MFV.

Enquanto técnica de modelagem, o MFV trata a questão do balanceamento ou *tradeoff*, entre simplicidade versus adequabilidade, de uma maneira eficiente conseguindo com recursos simples a obtenção de resultados significativos. A proposição de algumas diretrizes para a análise dos modelos se constitui um dos diferenciais desta técnica e confirma a tendência de que as técnicas de modelagem devem passar a incorporar cada vez mais elementos de análise.

Em termos de produção enxuta, a partir do momento em que ela permite a visualização dos desperdícios e propõe uma forma de minimizá-los ou eliminá-los, percebe-se e conclui-se que ela se mostra um recurso muito eficaz.

Novamente, e neste caso com uma importância ainda maior, cabe aos usuários a visão crítica sobre em que circunstâncias as propostas serão válidas. Uma série de limitações existe e se os usuários não conseguirem identificá-las, os projetos correm riscos de fracassar ou não trazer os resultados esperados. Entre estas limitações é possível destacar, a capacidade de lidar com o mapeamento de fluxos que apresentem recursos compartilhados entre diversas famílias de produtos, a falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como dimensões e lay-outs, e a proposição de alternativas sem a

consideração de fatores essenciais à implementação, atividade esta que acaba ficando sob a responsabilidade dos usuários.

Outra contribuição deste trabalho no que diz respeito à técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor e que vai além da sua avaliação e utilização como base conceitual para o desenvolvimento do método aqui proposto, foi a sua complementação, com abordagens diferenciadas que a tornaram melhor em diversos aspectos. Entre eles, o processo de raciocínio e delimitação de escopo, o processo de decomposição em níveis diferenciados de conteúdo de informações e a estruturação dos passos e sub-passos de forma a possibilitar a compreensão das diversas relações lógicas que ocorrem durante o processo de mapeamento, o desenvolvimento de novos ícones e a proposição de novas formas de análise.

Em quinto lugar, em relação ao método propriamente dito, diversas conclusões foram obtidas em áreas distintas. Inicialmente, em relação à proposta de desenvolvimento, que trata separadamente o conteúdo de informações dos modelos e o procedimento de aplicação para a obtenção dos mesmos. Depois, em relação à utilização da técnica IDEF0 como suporte a estruturação e definição dos passos e sub-passos do método. E, finalmente, em relação ao atingimento dos objetivos propostos inicialmente para o seu desenvolvimento.

A utilização de diferentes níveis de modelagem, partindo de um nível genérico para um nível mais detalhado, foi uma característica desenvolvida que apresenta uma grande importância. A decomposição e o detalhamento dos modelos segundo um raciocínio que parte de um conjunto macro até chegar a um nível operacional de forma consistente e interligada permite avaliar como as modificações em

um nível operacional impactam o sistema de forma global. Em se tratando de cadeias de suprimentos esta capacidade é fundamental. Novas informações podem ainda ser incorporadas ao elenco de informações que foi previamente estabelecido. Indicações de custos, por exemplo, são informações importantes para a avaliação de cenários alternativos e o uso associado aos modelos, de sistemas de custeio baseado em atividades (*Activity Based Costing* - ABC), podem gerar ganhos consideráveis e representam, portanto, uma proposta de trabalho futuro.

Em relação à utilização do IDEF0 como elemento de auxílio a definição de um procedimento de aplicação, pode-se concluir que isto auxiliou tanto o desenvolvimento do método, incluindo a definição de seus passos e sub-passos, como também a estruturação e apresentação final aos possíveis usuários. No que diz respeito ao desenvolvimento, o IDEF0 foi capaz de forçar e desta maneira garantir que cada passo fosse estabelecido tendo em vista as suas entradas, resultados, mecanismos de controle e referência. Conclui-se em função disto que a técnica IDEF0 é realmente útil ao ser adotada para a formalização de métodos como este e que ela contribuiu significativamente para os resultados obtidos neste trabalho.

Em relação à efetividade das análises sobre a cadeia de suprimentos e o planejamento de cenários futuros, pode-se concluir que a visualização alcançada com a obtenção dos modelos, que permite o entendimento do relacionamento entre as diversas variáveis, reduzindo a complexidade e propiciando a comunicação e estruturação do raciocínio dos usuários, por si só, já representa uma importante contribuição. A definição de uma biblioteca de melhores práticas cujo objetivo é servir como referência para a proposição de novas alternativas não é limitada, considera-se que as bases foram

desenvolvidas para a sua aplicação e que o estudo e complementação dessas práticas possam servir como indicação de trabalhos futuros.

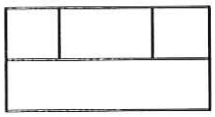
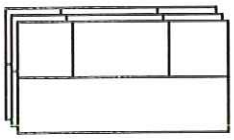
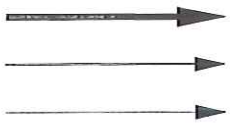
Diante do exposto acima e em relação ao atingimento dos objetivos propostos, considera-se que a solução obtida se caracteriza fundamentalmente pela sua simplicidade. Esta simplicidade obviamente acarreta em algumas vantagens e em algumas limitações. Considera-se que o balanceamento alcançado gerou uma relação custo-beneficio elevada. Isto é, para que as limitações fossem superadas haveria uma exigência de que soluções mais complexas fossem obtidas, mas no entanto isso limitaria a aplicação de forma mais ampla por parte dos possíveis usuários. Acredita-se que o que define a importância dos resultados alcançados é a capacidade de atingir com simplicidade, benefícios consideráveis. Sob este aspecto, conclui-se que os objetivos propostos inicialmente foram alcançados.

Enfim, considera-se que o método desenvolvido neste trabalho serve como um parâmetro importante para projetos que visem modificações na estrutura e na gestão de cadeias de suprimentos, facilitando o processo de raciocínio e contribuindo desta maneira para a identificação e eliminação de desperdícios.

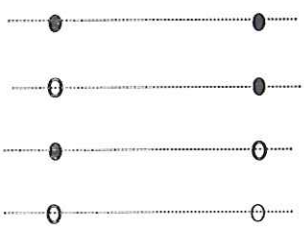
ANEXO A - Ícones de representação

Algumas informações contidas nos modelos poderão não ser levantadas ou não se aplicarem a determinados casos. A equipe de projeto deve estar apta a definir quais são essas informações e também tem a liberdade de criar novos elementos de representação conforme a necessidade. Por exemplo, carrinhos de transporte para linha de produção, empilhadeiras, embalagens, etc.

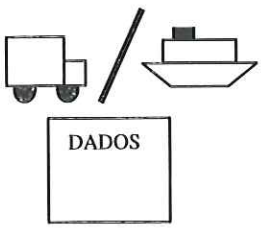
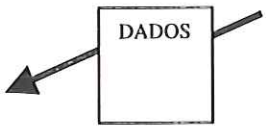
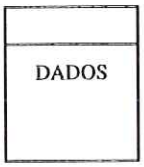
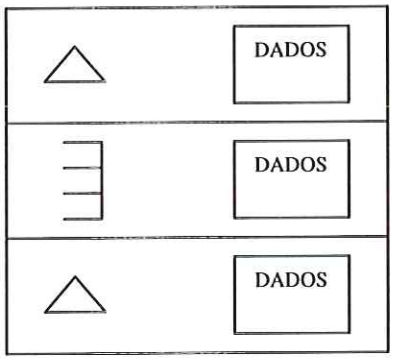
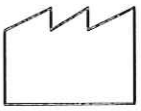
Ícones de representação do 1o. Nível

ÍCONES	SIGNIFICADO	NOTAS
	**Membro da cadeia de suprimentos**	As informações contidas neste ícone são: • Nome da empresa • Localização • Produtos • Classificação IVAT • Leadtime de manufatura • Leadtime de atendimento • Índice de qualidade • Política de atendimento da demanda • Estoque de matéria-prima • Estoque de produtos acabados
	**Classe de membros**	Uma classe indica um agrupamento de entidades com base em algum critério. As informações associadas a cada classe são: • No. de empresas • Critérios de segmentação
	**Fluxos de relacionamento**	Indica os relacionamentos que ocorrem entre as empresas da cadeia. Os diferentes traços indicam o grau de integração existente entre as empresas.

Tipos de relacionamento:

	**Parceria estratégica** **Dependência no comprador** **Dependência no fornecedor** **Intercâmbio de mercado**	Indica graficamente a proposta estabelecida por BENSAOU (1999) para se classificar os tipos de relacionamento que ocorrem entre os membros de uma cadeia.

Ícones de representação do 2o. Nível

ÍCONES	SIGNIFICADO	NOTAS
	**Modal de transporte**	Indica qual é o tipo de transporte utilizado. As seguintes informações devem estar associadas ao ícone: • Freqüência • Distância • Capacidade • Tempo de trânsito • Custo
	**Fluxo de informações**	Indica o fluxo de informações que ocorre entre as empresas. Devem conter as seguintes informações: • Conteúdo • Freqüência • Tecnologia
	**Caixa de dados Macro-processos**	Representam os macro-processos da empresa foco. As informações que devem ser levantadas são: • No. de operadores • No. de estações (ou processos) • No. de itens produzidos • Lead time • Capacidade
	**Armazém de recebimento**	Representa o armazém de recebimento da empresa foco. Devem ser indicados: • Política de inspeção • Política de controle dos estoques • Descrição dos itens • Localização • Níveis de estoque (max e min) • Fluxos para os processos
	**Entidade autônoma**	Representam empresas clientes ou fornecedoras. Devem ser indicados: • Capacidade produtiva • No. de operações para a obtenção dos produtos • Número de turnos • Mão-de-obra direta empregada na produção

Ícones de representação do 3º. Nível
(Mesmos da técnica de MFV – ROTHERS & SHOOK,1998)

ÍCONES	SIGNIFICADO	NOTAS
	Fluxo manual de informações	Por exemplo: Programa de produção ou de expedição
	Fluxo eletrônico de informações	Por exemplo: via transferência eletrônica de dados
Programa Prod. Semanal	**Caixa de informação**	Descreve o tipo de informação
20	**Kanban de produção** (a linha tracejada indica o caminho do cartão)	O cartão kanban do tipo "um por container" determina quanto e o quê o processo deve fabricar e dá a autorização para tal.
	Kanban de retirada	Cartão que instrui aos operadores de materiais a pegar e transferir materiais. Ex.: de um supermercado para um ponto de consumo.
	Kanban de sinal	O kanban do tipo "um por lote" funciona como um alerta para avisar quando o ponto de reabastecimento é atingido e outro lote deve ser fabricado. Utilizado onde os processos de fornecimento devem produzir em lotes devido aos tempo de troca elevados.
	Bola para puxada sequenciada	Dá instrução para produzir imediatamente uma quantidade e tipo pré-determinado, geralmente uma unidade. Um sistema puxado para processos de submontagem sem usar um supermercado.
	Quadro de kanban	Local onde o kanban é coletados e mantido para transferência.
	Kanban chegando em lotes	
OXOX	**Nivelamento de carga**	Mecanismo utilizado para avaliar os cartões de kanban e nivelar o mix e volume de produção para um determinado período de tempo.
	Programação do tipo "Vá ver"	Ajuste da programação baseando-se nos níveis de estoque.

ÍCONES	SIGNIFICADO	NOTAS
Montagem	**Processo de produção**	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados.
EMPRESA XYZ	**Entidade autônoma**	Usado para mostrar clientes e fornecedores.
T/C = 45 s. 3 Turnos IQ=98%	**Caixa de dados**	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente, etc.
30 pç 1 dia	**Estoque**	Quantidade e tempo devem ser anotados.
2ª. + 4ª.	**Entrega por caminhão**	Anotar a freqüência de entregas.
	Movimento de materiais da produção "empurrada"	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação
	Movimento de produtos acabados para os clientes	
	Supermercado	Um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior.
C	**Retirada**	Puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
max. 20 peças FIFO	**Transferência de quantidades controladas de material entre processos em uma seqüência "primeiro a entrar-primeiro a sair".**	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.
weld change over	**Necessidade de melhorias**	Destaca as melhorias necessárias em processos específicos que são fundamentais para se chegar ao fluxo de valor desejado.
	Estoque de segurança ou pulmão	As quantidades devem ser anotadas.
	Operador	Representa um operador em seu posto de trabalho.

Referências Bibliográficas

BALLOU, R. H. (1998) *Business Logistics Management.* 4th Ed. Prentice Hall, New Jersey, EUA.

BARKER, R.C. (1994) The design of lean manufacturing systems using time based analysis *International Journal of Operations & Production Management* v.14,11 pp. 86-96.

BEAMON, B.M. (1998) Supply chain design and analysis: models and methods *International Journal of Production Economics* ; v. 55 ; pp. 281-294.

BENSAOU, M. (1999) Portfolio of buyer-supplier relationships *Sloan Management Review* pp. 35-44.

BERGER, L. A.; SIKORA, M.J.(1994) *The Change Management Handbook - A Road Map to Corporate Transformation.* McGraw-Hill, EUA.

BEUREN, I.M. (1998) *Gerenciamento da Informação.* Atlas, São Paulo.

BURNELL, J. (1999) *Change Management: The Key to Supply Management Success.* Automatic I.D. News; Cleveland.

COX A. (1999) Value and supply chain management *Supply Chain Management* v.4 n.4 pp.167-175.

CLM (2001) Council of Logistics Management Definitions. //www.clm1.org// Consultado em 10/10/2001.

CHRISTOPHER, M. (1997) *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.* Ed. Pioneira, São Paulo.

ERENGUC S.S.; SIMPSON N.C.; VAKHARIA A.J. (1999) Integrated production/ distribution planning in supply chains: An invited review *European Journal of Operational Research* v.115; pp. 219-236.

ESCRIVÃO E. (1995) *A Natureza do Trabalho Executivo.* Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis.

FISHER, M. L. (1997) What is the right supply chain for your product ? *Harvard Business Review* pp. 105-116.

FLEURY P.; WANKE, P.; FIGUEIREDO K. F. (2000) (organização) *Logística Empresarial - Uma Perspectiva Brasileira.* Ed. Atlas, São Paulo.

GILMOUR P. (1999) Benchmarking supply chain operations *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* v.29 n.4 pp. 259-266.

GOLDRATT , E. M. (1990) *Theory of Constraints* North River Press, USA.

HAMMEL, G. (2000) *Liderando a Revolução.* Ed. Campus. São Paulo.

HANDFIELD, R.; NICHOLS E. (1999) *An Introduction to Supply Chain Management.* Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

HOBBS J.E. (1996) A transaction cost approach to supply chain management *Supply Chain Management* v 1,2; pp. 15-27.

HINES P. (2000) *Value Stream Management.* Chapman & Hall, London, UK.

IRANI, S. (2001) Advantages and disadvantages of Value Stream Mapping Lista de discussão //www.yahoogroups.com/ gateway2lean//.

JONES D.T.; HINES P.; RICH N. (1997) Lean Logistics *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* v. 27, 3/4.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. I. (1991) *Metodologia Científica.* Atlas, São Paulo.

LAMBERT, D.M.; COOPER M. C.; PAGH J.D. (1998) Supply chain management: Implementation issues and research opprotunities. *Interbational Journal of Logistics Management* v.9,2; pp.1-9.

LEWIS J.C.; NAIM M. M.; TOWILL D.R. (1997) An integrated approach to re-engineering material and logistics control *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* v.27,3/4 ; pp. 197-209.

LIN, F.; SHAW, M. (1998) Reengineering the order fulfillment process in supply chain networks *International Journal of Flexible manufacturing Systems* v.10 pp.197-229.

LUMMUS R. R.; VOKURKA R.J. (1999) Defining supply chain management *Industrial Management & Data Systems* v.99 n.1.

MABERT, V.A. (1998) Special Research Focus on Supply Chain Linkages: Challenges for Design and Management in the 21st Century. *Decision Sciences Journal* v.29 n.3.

MAYERS, J. (1993) Integration Definition for Function Modeling: IDEF0. Wright-Patterson Air Force. Ohio.

McIVOR R. (2000) A practical framework for understanding the outsourcing process *Supply Chain Management: An International Journal* v.5,1; pp.22-36

MEADE L. (1997) *Agile Process Design.* PhD Thesis. University of Texas at Arlignton.

NEUMAN J.; SAMUELS C.(1996) Supply chain integration: vision or reality? *Supply Chain Management* v.1 n.2 pp. 7-10.

NEW S.J. (1996) A framework for analyzing supply chain improvement *International Journal of Operations & Production Management* v.16,4 ; pp.19-34.

OHNO, T. (1997) *O sistema Toyota de produção- Além da produção em larga escala.* Ed Bookman, Porto Alegre-RS.

PRAHALAD C.K., HAMMEL G. (1995) *Competindo pelo Futuro.* Ed. Campus. São Paulo.

PIRES S.R.I. (1998) Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant *International Journal of Operations & Production Management* v.18,3 pp.221-232.

PORTER M. E. (1992) *Vantagem Competitiva:criando e sustentando um desempenho superior.* Ed Campus. Rio de Janeiro.

RENTES, A.F.; *Proposta de uma Metodologia de Integração com Utilização de Conceitos de Modelagem de Empresas.* Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1995.

ROTHER, M.; SHOOK, J.: *Learning to See – Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda.* The Lean Enterprise Institute, MA, USA, 1998.

ROZENFELD (1996) *Reflexões sobre a Manufatura Integrada por Computador (CIM).* In: Manufatura de Classe Mundial: Mitos e Realidades. São Paulo.

SCHEER, A.W. (1998) *ARIS – Business Process Modelling*, Springer-Verlag, Berlim – Heidelberg, Germany, 1998.

SHINGO, S. (1996) *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.* Ed. Bookman, Porto Alegre –RS.

SINGH J. (1996) The importance of information flow within the supply chain *Logistics Information Management* ;v. 9,4 ; pp. 28-30.

STOCK G.N.; GREIS N.P.; KASARDA,J.D. (1999) Logistics, strategy and structure – A conceptual framework *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* v.29 n.4 pp.224-239.

THOMAS D.J.; GRIFIN P.M.(1996) Coordinated supply chain management *European Journal of Operational Research* v. 94 pp.1-15.

TOWILL D.R. (1996) Industrial dynamics modeling of supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*; v. 26,2 ; pp. 23-42.

UNDERDOWN, R.(1997) *An Enterprise Transformation Methodology*. PhD Thesis. University of Texas at Arlignton.

VERNADAT, F.B. (1996) *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*. Chapman & Hall, London, UK.

WATTS, M. (1993) *O que é uma economia de mercado?* Agência de Informações dos Estados Unidos da América, Washington DC, EUA.

WILDING R. (1998) The supply chain complexity triangle – Uncertainty generation in the supply chain *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* v. 28 n.8.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T.; ROSS, D. (1992) *A Máquina que Mudou o Mundo*. Ed. Campus, São Paulo.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T.(1996) *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon&Schuster, NY.