

Análise Crítica da Implantação de um Sistema de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos sob a Ótica do Pensamento Enxuto

Arcione Ferreira Viagi¹

Lars Bertil Norgren²

João Murta Alves³

Antonio Henriques de Araújo Junior⁴

Resumo

A década de 1990 deu início a evolução dos conceitos da produção enxuta, ampliando seu escopo estratégico para todas as áreas da organização, de forma que a atuação da logística, antes limitada ao transporte e distribuição de insumos e produtos passou a ser mais abrangente de gestão da cadeia de suprimentos. A partir de 2000 as interações entre esses dois movimentos de evolução convergem para a aplicação crescente dos princípios e ferramentas do pensamento enxuto, não só na produção, mas também na análise e reestruturação da cadeia de suprimentos como um todo. Este artigo tem como objetivo mostrar esta convergência através de uma breve revisão dos principais conceitos envolvidos e de uma análise crítica de um caso de implantação de um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos em uma empresa de beneficiamento e distribuição de aços planos.

Recebimento: 5/2/2010 - Aceite: 1/6/2010

¹ Doutorando em Engenharia Mecânica Aeronáutica, da área de Produção do Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Professor Assistente III da Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil. E-mail: afviagi@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Mecânica Aeronáutica, da área de Produção do Instituto Tecnológico da Aeronáutica.

³ Professor Doutor, Pesquisador do Instituto Tecnológico da Aeronáutica - Departamento de Engenharia Mecânica Aeronáutica e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, na área de Produção.

⁴ Professor Doutor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Produção enxuta, pensamento enxuto, logística, cadeia de suprimentos.

Critical Analysis under the Lean Thinking Point of View of a Supply Chain Management Implementation

Abstract

The 1990s initiated the development of the concepts of lean production, broadening its scope to all the strategic areas of the organization so that the performance of logistics, previously limited to the transport and distribution of production inputs (raw materials) and finished products has also evolved into the broader scope of the supply chain management. From 2000 onwards, the interactions between these two movements of evolution converge into an increasing application of the lean thinking principles and tools: not only at the production level, but also in the analysis and restructuring of the supply chain, as a whole. This paper intends to show this convergence through a brief review of the main concepts involved and through a critical analysis of a case of management system supply chain implementing in a flat steel processing plant and distribution company.

Key Words: Lean manufacturing, lean thinking, logistics, supply chain management

Introdução

Em meados da década de 1980 inicia-se o Programa Internacional de Veículos Automotores (IMVP - International Motor Vehicle Program) pelo Centro de Tecnologia, Política e Desenvolvimento (Center of Technology, Policy and Industrial Development) no Massachusetts Institute of Technology (MIT) estudando as práticas adotadas pela indústria automotiva que lançou os fundamentos da produção enxuta no ocidente. Desde então, a disseminação e extensão dos conceitos da produção enxuta se propagaram do chão de fábrica nas empresas automotivas para organizações de diferentes indústrias, alcançando também a cadeia de suprimentos e ampliando o escopo das decisões estratégicas. (HINES, et al, 2004).

Outro movimento na evolução do pensamento enxuto se dá na ampliação da atuação da logística a partir dos aspectos mais operacionais de transporte, movimentação, expedição e distribuição de insumos e produtos para uma atuação estratégica da gestão da cadeia de suprimentos como um todo (Supply Chain Management - SCM) (BALLOU, 2006). Essa nova visão possibilita a incorporação dos princípios do pensamento enxuto para o redesenho dos fluxos de valor nas cadeias de suprimentos.

O objetivo deste artigo é analisar criticamente esse processo evolutivo, por meio de uma revisão bibliográfica, ressaltando os aspectos convergentes entre o pensamento enxuto e o gerenciamento da cadeia de suprimentos e analisar um caso de implantação de um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos concebido sem a fundamentação dos princípios do pensamento enxuto de forma a identificar os benefícios que poderiam advir da incorporação destes princípios ao mesmo.

No estudo de caso, o projeto de implantação foi desenvolvido com metodologia de uma empresa de consultoria em logística integrada seguindo etapas de diagnóstico, levantamento de fluxo de processos logísticos, proposta de revisão da estrutura de decisão, políticas operacionais e processos e implantação das mudanças necessárias.

O artigo está dividido em seis seções. A seção 2 trata da revisão bibliográfica relativa ao gerenciamento da cadeia de suprimentos e ao pensamento enxuto, a seção 3 aborda o estudo de caso de implantação do sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos em uma empresa de beneficiamento e distribuição de aços planos, enquanto na seção 4 é feita a análise crítica, sob a ótica do pensamento enxuto, e de sua implantação. Finalmente, a seção 5 contempla a conclusão e as considerações finais, apontando os ganhos potenciais que poderiam advir da incorporação dos princípios do pensamento enxuto ao sistema implementado.

Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management)

A Evolução da Logística

Segundo Ballou (1993, p.23), a logística empresarial tem várias interpretações, sendo por isso representada por vários nomes e significados. O autor a define como “o estudo e administração dos fluxos de bens e serviços e da informação associada que os põe em movimento.” A importância da logística se dá pela impossibilidade de trazer para um mesmo espaço os insumos necessários para a produção e os interessados em comprar os produtos.

O que acontece é a especialização de cada região na produção de bens e serviços que lhe dará maior vantagem competitiva, criando distâncias entre matérias-primas e produção e entre produção e consumo que precisam ser equacionadas e tratadas para obter o resultado mais favorável.

O desafio da logística é ser eficaz na tarefa de vencer espaço e tempo na movimentação de bens ou na oferta de serviços, colocando as mercadorias e serviços certos no lugar e no instante corretos e na condição desejada, ao menor custo.

A esfera de atuação da logística

Segundo Kobayashi (2000, p.19), a logística tem o “objetivo importante de aumentar o grau de satisfação dos clientes e por isso tem uma ampla relação de atividades que interagem entre si.” O autor destaca a gestão de projetos e tecnologia, o abastecimento de materiais, a manutenção da qualidade de produção e do processo, a distribuição física e as atividades que envolvem marketing e vendas como aquelas que fazem parte do escopo de atuação da logística.

Com essa abordagem mais ampla e observando os aspectos inerentes à otimização logística, muitas empresas estão conseguindo ganhos significativos que afetam diretamente o faturamento e a rentabilidade dos negócios.

Nesse contexto, Taylor (2005) evidencia a importância da cadeia de suprimentos para a obtenção ou manutenção de vantagem competitiva. Segundo o autor, o avanço obtido na produção moderna excluiu grande parte do excesso de tempo e custos do processo de produção, deixando pouca vantagem a ser ganha na fábrica e evidenciando a importância de se buscar ganhos por meio da competição entre cadeias de suprimentos, modificando substancialmente a concorrência.

O que torna esse novo tipo de concorrência desafiador é o nível de cooperação imposto. É preciso quebrar paradigmas e formar equipes fortes para vencer os obstáculos gerados ao longo do tempo pela especialização e pelo afastamento das áreas de seus objetivos principais relacionados com o todo da organização.

Todos são responsáveis e devem estar comprometidos com as mudanças. Vários exemplos contemporâneos reforçam essa tendência competitiva, como são os casos das vitórias conquistadas pela Siemens, Gillete, Chrysler, Apple e Amazon por meio da revisão de suas cadeias de suprimentos. Se o custo foi o motivador principal para se trabalhar essa questão, há vários outros aspectos que podem ser decisivos para se obter sucesso na obtenção de vantagens competitivas (TAYLOR, 2005).

Nesse sentido, pode-se observar que os esforços no sentido de melhorar o fluxo de matérias-primas para as fábricas têm sido muitos e com diversos focos, porém, para Taylor (2005) o método de produção just-in-time (JIT) é o que vem apresentando melhores resultados e evoluindo com o passar do tempo, priorizando a eliminação do estoque em excesso.

... o estoque em processo é reduzido com maior facilidade com o JIT, porém, por representar menor custo em relação ao todo da organização, não são suficientes para obter os resultados esperados e por isso o método evolui para um relacionamento mais próximo com os fornecedores, desenvolvendo parcerias, denominadas Keiretsu pela Toyota, berço do JIT (TAYLOR, 2005, p.42).

Mesmo sendo a redução de estoque o foco principal do JIT, sua essência está na qualidade, eliminando qualquer complexidade desnecessária e a variabilidade do processo, visando o desempenho estável.

Atualmente o JIT tem evoluído e influenciado também projetos de novas plantas de produção, criando além do seu próprio parque produtivo, uma série de facilidades para atrair os principais fornecedores para o seu entorno de forma a diminuir as distâncias, facilitar a gestão, diminuir os estoques em processo e em trânsito e com isso minimizar os riscos inerentes a redução dos estoques. Uma parada por desabastecimento pode ser danosa e o custo da oportunidade desta ocorrência é normalmente muitas vezes superior à economia gerada por um programa de redução de estoques.

Manutenção do suprimento

Segundo Ballou, 2006 no contexto da logística, o atendimento e o reabastecimento apresentam características semelhantes e complementares. O primeiro se relaciona com o cliente, fornecendo produtos para suprir suas necessidades e o segundo se relaciona com a produção e também precisa fornecer produtos (matérias-primas) para suprir suas necessidades. Assim como no caso das relações com os clientes, a gestão da demanda é fundamental para o sucesso da logística e por isso três perguntas precisam ser respondidas para orientar as decisões de compras: quando e em que volumes comprar de cada vez e quanto deve ser mantido em estoque para minimizar os riscos do desabastecimento. O nível de serviço desejado irá definir o estoque de segurança que minimizará os efeitos das variações dos processos que envolvem a aquisição e o consumo dos materiais necessários à produção.

Para o autor ainda, as negociações envolvendo contratos de fornecimento com garantia de nível de serviço têm tomado lugar das antigas tomadas de preço realizadas a cada compra. Nesse sentido, se antes o processo de compras era complexo e pressupunha inclusive o risco de corrupção, hoje as parcerias fazem da gestão de itens críticos uma integração dos estoques do fornecedor com o do comprador. E a evolução dos meios de comunicação e o uso da Internet ajudam a estabelecer um relacionamento mais rápido e eficiente quando se trata de itens menos críticos e de oferta abundante, como é o caso de itens padronizados e normalizados.

A velocidade da Internet alavancou os negócios e evidenciou a importância da logística, destacando várias questões como a integração entre as diversas funções que atuam na cadeia de suprimentos e que foram sendo absorvidas por áreas distintas dos processos, tornando o fluxo fragmentado e desprovido de lógica.

Ballou (2006), fazendo uma cronologia sobre os aspectos relativos à evolução da logística, relata que, no passado, as atividades eram fragmentadas e por isso geravam conflitos entre as funções de marketing, produção e finanças e isso se dava pela falta de compreensão do que era importante em termos de custos, dificuldade de aceitar o novo, a importância dada aos aspectos logísticos e o próprio estágio de evolução da organização.

No presente, o foco está no conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management - SCM*), englobando as características de gestão e distribuição da logística em conjunto com aspectos do planejamento estratégico, marketing e vendas, finanças e

serviços de informação. O SCM integra suprimentos e gerenciamento de demanda entre e através das empresas. E a logística é a parte do SCM que planeja, implementa e controla o fluxo e o estoque de produtos e serviços, conduzindo os esforços desde o ponto de origem até o ponto de consumo, de acordo com as necessidades dos clientes.

Essa abordagem, segundo Ballou (2006) evidencia o SCM como interfuncional e interorganizacional, sendo responsável pela construção e coordenação de relações com outras áreas funcionais da empresa e com todos os membros da cadeia de suprimentos.

Na realidade brasileira o passado está ainda presente, sendo comum encontrar as funções de programação de materiais, compras, programação e controle de produção, gestão de estoques de matérias-primas, gestão de estoques de produtos acabados, movimentação, expedição e controle de tráfego, subordinadas às áreas funcionais distintas.

Além disso, os objetivos de cada área podem não contribuir com a otimização do processo como um todo, ficando os objetivos da organização em segundo plano.

Pensamento Enxuto

Segundo Womack e Jones (2004, p.3) “O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.”

Em meados da década de 1980, as indústrias automobilísticas européias e norte-americanas, ainda utilizavam o modelo de gestão desenvolvido por Henry Ford para a produção em massa e perdiam competitividade e mercado para as indústrias automobilísticas japonesas. Apesar disso as empresas ocidentais não compreendiam a mudança que estava acontecendo e não se sensibilizavam para a necessidade de aprofundar no conhecimento a respeito das práticas de produção adotadas (WOMACK et al, 2004).

Em 1985 foi iniciado o Programa Internacional de Veículos Automotores (IMVP - International Motor Vehicle Program) pelo Centro Tecnologia, Política e Desenvolvimento (Center of Technology, Policy and Industrial Development) no MIT (Massachusetts Institute of Technology) para estudar e compreender as diferenças em qualidade e produtividade nas montadoras de veículos automotores, instaladas nas diferentes regiões do planeta (WOMACK et al, 2004; DAHLGAARD, DAHLGAARD-PARK, 2006).

Esse trabalho lançou as bases para a compreensão do sistema de produção adotado pelas melhores montadoras japonesas. O pesquisador

John Krafcik do IMVP, no final dos anos 1980, cunhou este sistema de produção denominando-o de *lean production*. O termo *lean* foi sugerido pelo autor devido ao fato de as melhores montadoras japonesas no estudo serem *lean* por:

... utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer, também, bem menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos. (WOMACK et al, p. 3).

Origem da Produção Enxuta

As origens da produção remontam à década de 1950 no processo produtivo da Toyota Motor Company. A base de sustentação do Sistema Toyota de Produção (STP) é a absoluta eliminação do desperdício e os dois pilares necessários à sua sustentação é o *Just-in-time* e a Automação. Segundo Ohno (1997) e Shingo (1996), a melhoria da lucratividade da empresa depende da redução de custo e a chave para obtê-la é a redução de desperdícios, agrupados em sete categorias:

- Produzir em excesso ou superprodução: é a programação de produção com excesso devido à desconfiança no processo. Constitui o principal desperdício, pois encobre as ineficiências do processo.
- Espera: tempo perdido devido à ocupação das máquinas com lotes grandes, adiando a finalização do lotes até que todas as etapas dos grandes lotes estejam completas.
- Transporte: movimentação desnecessária de produtos, peças ou matéria prima devido à distribuição das tarefas ou deficiência no *layout*.
- Processamento: realização de etapas do processo que sejam desnecessárias ou executadas de forma incorreta.
- Estoque: Programar e manter estoque maior do que o efetivamente necessário para atender às necessidades dos clientes.

- **Movimentação:** operadores fazendo movimentações desnecessárias em busca de ferramentas, documentos, peças.
- **Defeitos e sua correção:** os defeitos associados aos problemas de processo que afetam à fabricação, inspeção, retrabalho e refugo de produtos.

Além desses sete desperdícios Shingo (1996), recomenda que medidas efetivas de economia de mão-de-obra devam ser empregadas, seja fazendo mudanças no processo com a utilização da quantidade mínima de trabalhadores desde a implantação, seja transferindo parte do trabalho do homem para os equipamentos através da automação com toque humano (automação), liberando os operadores para a operação concomitante de diferentes máquinas.

Segundo o autor, o STP preconiza a diminuição dos lotes de forma a iniciar a finalização do processo em menor tempo, ou seja, mesmo na produção em massa em que a quantidade total do pedido é grande, o mesmo pode ser atendido a tempo por vários pequenos lotes sem geração de estoque e outros desperdícios.

Nave (2002) apresenta como pressupostos da produção enxuta:

- A valorização pelas pessoas do efeito visual do fluxo;
- O desperdício / perda é a principal restrição à lucratividade;
- Muitas pequenas melhorias, feitas rapidamente, são mais benéficas que estudos analíticos mais elaborados;
- Os efeitos de interações entre processos serão resolvidos através do refinamento do fluxo de valor.

São os pressupostos simplistas que valorizam a ação em detrimento de análises mais aprofundadas, mas que tornam a produção enxuta atrativa ao pessoal de operações, facilitando sua aplicação no chão de fábrica.

Evolução para o pensamento enxuto

Hines, Holweg e Rich (2004), analisando vários autores, Tabela 1, apresentam a evolução na cultura ocidental da produção enxuta para o pensamento enxuto, desde a aplicação no chão de fábrica da indústria automotiva, a partir da década de 1980, até sua aplicação na organização como um todo, e daí para a cadeia de suprimentos e em diferentes setores da indústria.

Os autores expõem a evolução do conceito de redução de custo através da eliminação de desperdícios - foco operacional - para o conceito de criação de valor para o cliente - foco estratégico - onde, em última instância é o cliente final quem determina o que é valor e indiretamente o

que é desperdício. Nesse sentido os mesmos definem quatro períodos, relativos à evolução do conceito de redução de custo. O primeiro período compreende a década de 1980 e o foco era a consciência da importância de se cuidar da redução dos custos, o segundo vai do início ao meio da década de 1990 e foca a qualidade, o terceiro se refere à segunda metade da década de 1990 e se refere a qualidade, custo e entrega, finalmente o quarto período inicia com a década de 2000 e avalia o sistema de valor ao cliente.

Quadro 1: A evolução do pensamento enxuto

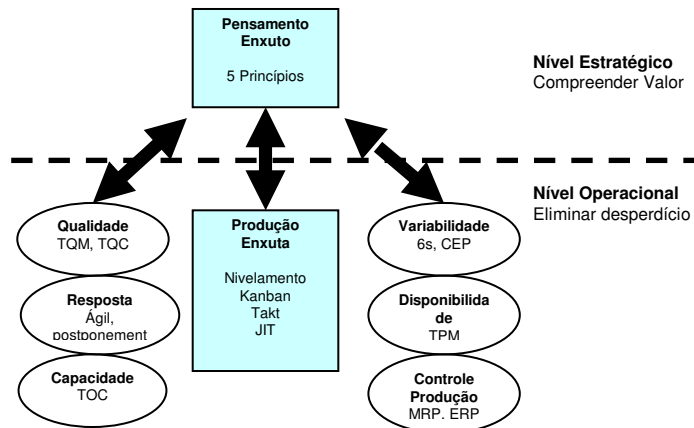
CARACTERÍSTICAS	PERÍODO			
	1980-1990	1990 até o meio	Meio de 1990 até início de 2000	2000+
Ênfase do período	Adquirir Consciência	Qualidade	Qualidade, Custo e Entrega.	Sistema de Valor ao Cliente
Tema da literatura	Disseminação das práticas de chão-de-fábrica	Melhores práticas, benchmarking levando para emulação	Pensando o fluxo de valor, organização enxuta, colaboração na cadeia de Suprimentos.	Capabilidade no nível de sistema.
Foco	Técnicas JIT, custo.	Custo, treinamento e promoção, TQM, reengenharia.	Custo, baseado em processo para suportar o fluxo.	Valor e custo, de tático para estratégico, integrado a cadeia de suprimentos.
Processos chave do negócio	Produção, somente chão de fábrica.	Gerenciamento de produção e de materiais	Cumprimento de pedidos	Processos integrados, tal cumprimento de pedidos e desenvolvimento de novos produtos.
Setor da Indústria	Automotivo – montagem de veículos	Automotivo – montagem de veículos e de componentes	Produção em geral – normalmente focada em produção repetitiva	Produção de alto e baixo volume e extensão para o setor de serviços
Autores	Shingo (1981, 1988), Schonberger (1982, 1986) Monden (1983), Ohno (1988) Mather (1988)	Womack at al. (1990), Hammer (1990), Stalk and Hout (1990), Harrison (1992), Andersen Consulting (1993, 1994)	Lamming (1993), MacBeth and Ferguson (1994), Womack and Jones (1994, 1996), Rother and Schock (1998)	Bateman (2000), Hines and Taylor (2000), Holweg and Pil (2001), Abbas et al.(2001), Hines et al.(2002)

Fonte: adaptado de Hines et al, 2004

Portanto, em decorrência dessa evolução é possível verificar que em duas décadas o *lean* evoluiu do foco na produção para a organização como um todo. Dessa forma, pode-se conciliar a utilização de ferramentas e de outras abordagens para: promover a qualidade - TQM (*Total Quality Management*), TQC (*Total Quality Control*); reduzir a variabilidade - Seis Sigma, CEP - controle estatístico de processo; aumentar a capacidade - TOC

(*Theory of Constraints*); aumentar a disponibilidade de equipamentos - TPM (*Total Productivity Maintenance*); obter resposta rápida - produção ágil; controlar e planejar a produção - MRP (*Material Requirement Planing*), MRPII (*Manufacturing Resources Planing*), ERP (*Enterprise Resource Planing*). Vide figura 1 adaptada de Hines et al,2004.

Figura 1: relação entre pensamento enxuto, produção enxuta e outros sistemas



Fonte: adaptado de Hines et al, 2004.

Os Princípios do pensamento enxuto

Womack e Jones (2004) relacionam os cinco princípios do pensamento enxuto, evidenciando sua importância para a aplicação nos diversos níveis operacionais e estratégicos.

- Especificar Valor - o valor é definido pelo cliente
- Identificar Fluxo de valor - são as ações necessárias para trazer um produto ou serviço do conceito ao lançamento, do pedido à entrega, dos insumos ao produto acabado.
- Fazer o Valor Fluir - uma vez especificado o valor para o cliente, mapeado o fluxo de valor, devem-se eliminar as etapas que não agregam valor e organizar os processos que agregam valor de forma que o produto tenha fluidez suave e contínua ao longo de sua produção.

- Puxar o Valor - Deixar que o cliente puxe o valor ou o produto ao invés de empurrar os produtos. Assim cada processo deve puxar o necessário do processo anterior.
- Buscar a Perfeição - a busca da perfeição deve ser uma meta constante através da eliminação do desperdício e das atividades que não agregam valor ao cliente.

Logística Enxuta (lean logistics)

A expansão do pensamento enxuto para a cadeia de suprimentos deu origem à logística enxuta que pode ser encarada como “sistema puxado com reposição freqüente em pequenos lotes, estabelecido entre cada uma das empresas e plantas ao longo do fluxo de valor” (MARCHWINSKI e SHOOK, 2007, p.48).

Para Jones et al, 1997, aperfeiçoar cada parte da cadeia de suprimentos isoladamente não leva a solução de menor custo, é necessário enxergar todas as seqüências de eventos, do pedido do cliente até o pedido colocado no fornecedor de matéria prima. O conceito de fluxo de valor deve ser aplicado do produtor em direção ao fabricante de matérias primas através da cadeia de suprimentos e do produtor em direção ao cliente final através da cadeia de distribuição.

Piaw, 1998 recomenda que para uma abordagem sistêmica desse fluxo de valor mais abrangente deve-se direcionar a atenção gerencial para as seguintes questões: atividades dos processos; resposta da cadeia de suprimentos; variedade de produção; qualidade; amplificação da demanda; pontos de decisão e estrutura da indústria, aplicando as sete ferramentas de mapeamento de fluxo de valor apresentadas a seguir (HINES e RICH, 1997; JONES et al, 1997; PIAW, 1998):

- Mapeamento de atividades de processo (*process activity mapping*) - identifica o fluxo de processo, os desperdícios e que melhorias podem ser feitas quanto ao reagrupamento do processo em uma seqüência mais eficiente, com um melhor fluxo e quais etapas são realmente necessárias, eliminando atividades que não agregam valor.
- Matriz de resposta da cadeia de suprimentos (*supply chain response matrix*) - é um diagrama simples para identificar a restrição do *lead time* de um determinado processo. Relaciona o *lead time* acumulado da cadeia de suprimento (*upstream*), da empresa, da cadeia de distribuição (*downstream*) e o estoque médio em pontos específicos da cadeia como um todo.

- Funil de variedade de produção (*production variety funnel*) - esta abordagem permite compreender como a empresa opera sua flexibilidade e complexidade, sendo útil para decidir onde apontar os esforços de redução de estoque. Encara as operações como constituídas por atividades que se conformam segundo quatro formas básicas: I - produção unidirecional, com produção de itens idênticos, típico de plantas químicas; V - plantas que processam pouca diversidade de matérias primas e produzem uma grande diversidade de produtos, como as indústrias têxteis e metalúrgicas; A - plantas onde uma grande variedade de matérias primas é transformada em uma faixa limitada de produtos passando por diferentes fluxos de materiais e instalações como é o caso da indústria aeroespacial; T - plantas que geram uma grande combinação de produtos a partir de um número restrito de componentes que constituem, peças e subconjuntos utilizados para compor uma grande gama de produtos configurados pelos clientes, como no caso da indústria de eletrônica.
- Mapeamento do filtro de qualidade (*quality filter mapping*) - ferramenta para identificar onde ocorrem e quantificar os problemas de qualidade na cadeia de suprimento, considerando os produtos defeituosos passados para o cliente seguinte da cadeia, produtos rejeitados internamente e defeitos em serviços não relacionados aos produtos.
- Mapeamento de amplificação da demanda (*demand amplification mapping*) - o principal objetivo desta ferramenta é mostrar como alterações da demanda se propagam e amplificam ao longo da cadeia e suprimento.
- Análise do ponto de decisão (*decision point analysis*) - permite a determinação do ponto do fluxo de valor onde os produtos deixam de ser feitos pela demanda real puxada e passam a ser empurrados pelas previsões de demanda, e a análise dos efeitos da mudança de localização desse ponto.
- Estrutura física (*physical structure*) - esta ferramenta é utilizada para visualizar o fluxo de valor de diferentes camadas (*tier*) da indústria sob a ótica da quantidade de empresas (volume) e dos processos que agregam valor (custos) em cada camada. Uma compreensão da estrutura pode redirecionar a operação da indústria.

Caso: Implantação de um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos em uma empresa de beneficiamento e distribuição de aços planos

A empresa estudada atua no setor de beneficiamento e distribuição de aço plano, comprando produtos em bobinas no formato padrão de um único fornecedor, beneficiando-os em centros de serviço conforme necessidade dos clientes e disponibilizando o material em centros de distribuição para pronto atendimento. Além disso, atende clientes especiais deixando estoque, em consignação, na planta dos mesmos.

Outro aspecto da empresa em estudo é que a mesma é responsável pela distribuição pulverizada de aço de uma grande empresa nacional produtora de aço. Atendendo o mercado com produtos em quantidades e formatos mais flexíveis, criando uma situação peculiar onde a empresa controladora acumula a posição de único fornecedor da empresa em estudo.

Face às práticas de mercado quanto aos prazos de entrega e nível de serviço exigidos, ao longo do tempo foram adotadas políticas de gestão de suprimentos que elevaram os estoques sob a crença de que a disponibilidade garantiria o nível de serviço.

Apesar do grande investimento em estoque o atendimento aos clientes não era satisfatório e, além disso, o custo de capital associado aos estoques comprometia a rentabilidade da empresa, levando a substituição de três principais executivos em um período de quatro anos.

Ao longo do tempo cada um desses executivos adotou diferentes soluções para o problema, resultando no surgimento de vários projetos de melhorias conduzidos de forma independente pelas diversas áreas da empresa, criando um histórico negativo de não atingir os objetivos a que se propunham.

Com vista no histórico e a fim de otimizar os recursos investidos, o controlador estabeleceu os seguintes objetivos:

- Duplicar as vendas em três anos;
- Melhorar a imagem junto aos clientes; e
- Equiparar a rentabilidade com os demais negócios do controlador.

O executivo (quarto em quatro anos) incumbido de promover mudanças e atingir os objetivos avaliou as ações e os insucessos de seus antecessores e decidiu pela adoção de uma abordagem integradora dos processos, buscando no mercado uma empresa de consultoria para diagnosticar a situação, analisar criticamente os processos em andamento e implantar o conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, englobando os diversos aspectos relativos ao planejamento, programação e

controle de materiais e produção, suprimentos, gestão de estoque, expedição, transportes e entrega.

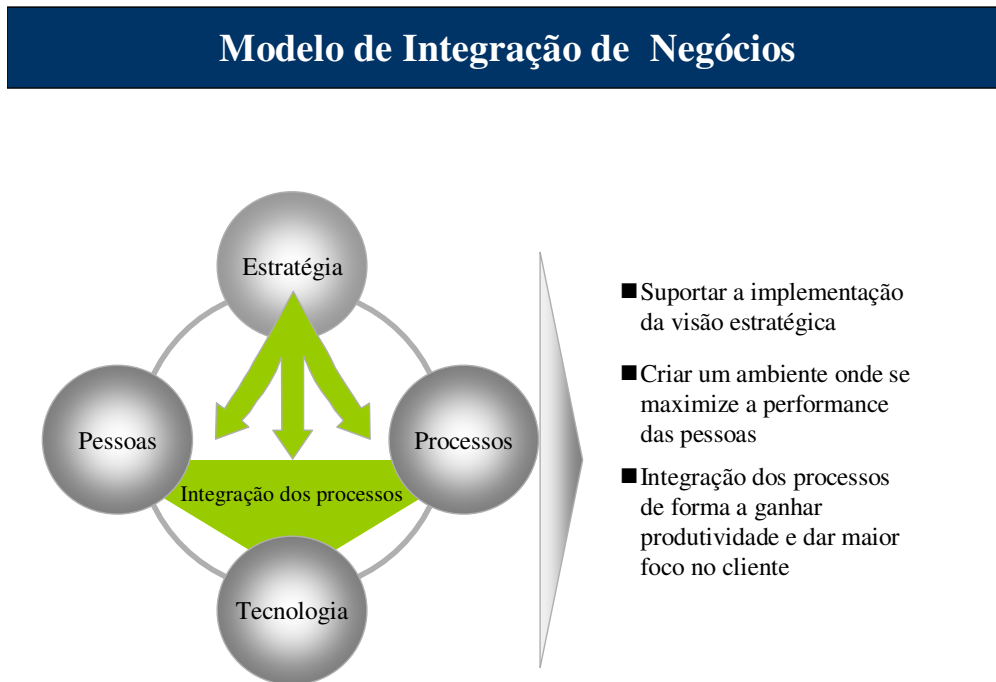
Nesse sentido o escopo do projeto era:

- Melhorar o atendimento aos clientes, reduzir o nível de estoque, analisar, validar, priorizar e coordenar os projetos em andamento segundo uma visão integrada da empresa; e
- Focar a atuação da consultoria às áreas de gestão logística da empresa. As áreas produtivas ficaram fora do escopo.

Método adotado no desenvolvimento do projeto

A proposta da consultoria contratada utilizava um modelo de integração de negócios, que deveria suportar a implantação de uma visão estratégica, criar um ambiente favorável ao alto desempenho das pessoas e incrementar a produtividade por meio da integração dos processos figura 2. Outro aspecto da abordagem proposta pela consultoria era um modelo que propunha a gestão da cadeia de suprimentos por meio da revisão e integração das políticas corporativas, com a visibilidade e controle da cadeia de suprimentos, utilizando as melhores práticas de mercado e as sinergias possíveis para obter a melhoria do desempenho geral dos negócios figura 3.

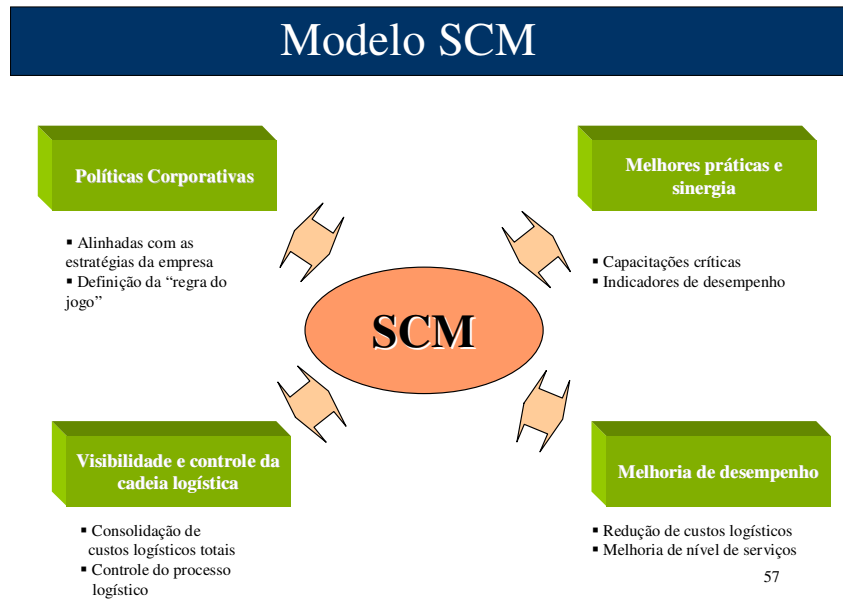
Figura 2: Modelo de integração de negócios



Fonte: elaborada pelo autor

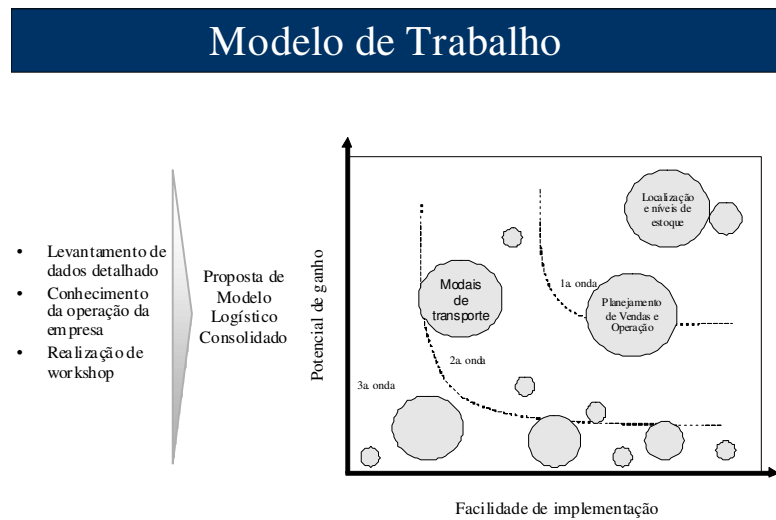
Para completar a proposta a empresa de consultoria apresentou um modelo de trabalho que continha uma primeira etapa com o levantamento de dados; segunda etapa com a elaboração de uma proposta de logística integrada e terceira etapa com plano de ação dividido em três fases de implantação conforme os critérios de facilidade de implantação e potencial de ganho figura 4.

Figura 3: Modelo SCM



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 4: Modelo de Trabalho



Fonte: elaborada pelo autor

Desenvolvimento do projeto:

Pesquisa junto aos clientes visando identificar os seus principais requisitos:

- Prazo de atendimento desejado;
- Confiabilidade em relação ao acordado;
- Disponibilidade de produtos;
- Informalidade.

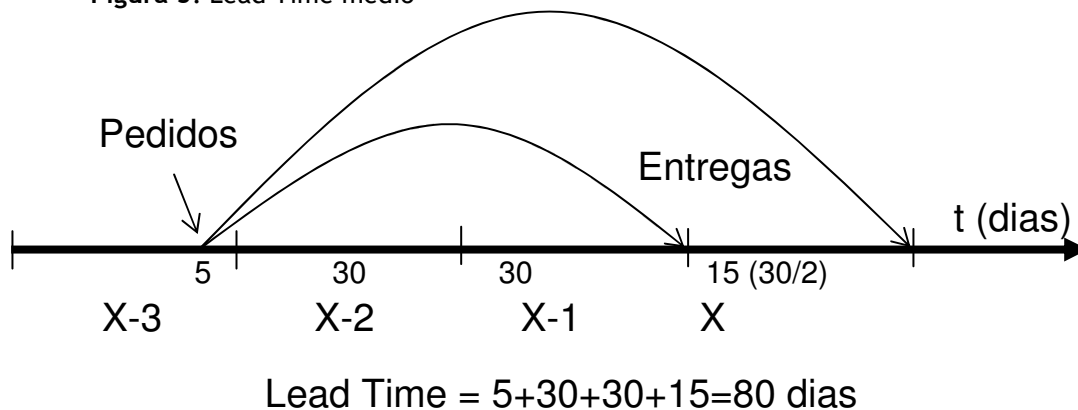
Levantamento e análise do fluxo de processo situação atual (As is)

O levantamento do fluxo de processo visou, envolvendo a previsão de vendas, planejamento de matérias-primas, decisões de produção para estoque ou por encomenda, níveis de estoque e serviços, sistema de entrega e os controles presentes em cada etapa do processo de atendimento das necessidades dos clientes.

O resultado do levantamento demonstrou que a empresa trabalhava com uma organização por função em que os vendedores eram os mandantes no processo de planejamento de compra das matérias-primas ou mais especificamente bobinas de aço.

Dado a complexidade do processo produtivo do controlador/fornecedor, o lead time de fornecimento era de 60 dias, ou seja, até o dia 25 do mês $x-3$ eram colocados os pedidos a serem atendidos no mês x . Essa prática efetivamente definia um *lead time* médio de 80 dias, conforme ilustrado na figura 5.

Figura 5: Lead Time médio

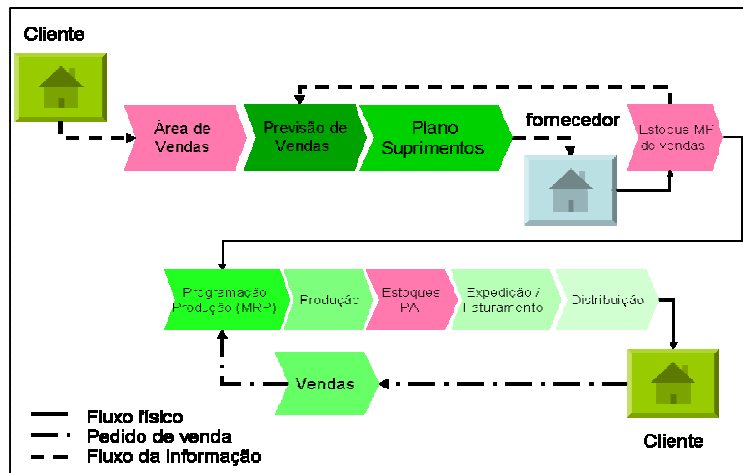


Fonte: elaborada pelo autor

Essa limitação do processo de abastecimento e os problemas decorrentes dela levaram a transferência da responsabilidade pela decisão do que, quanto e quando comprar matéria-prima fosse passada para a área comercial. Os vendedores passaram a ser “donos” de seus estoques de matérias-primas. Conforme levantado essa decisão visava vincular a decisão de compra ao compromisso dos vendedores de atender aos seus clientes.

Porém, essa decisão levou a outro problema, O crescimento contínuo do volume de estoque por duplicidade e descontrole e o não atendimento dos clientes da empresa por desintegração das informações e o sentimento de propriedade de cada vendedor em relação ao “seu” estoque. Foi observado que ao identificar uma necessidade de um cliente, o vendedor se limitava a consultar, quando muito, o estoque que ele mesmo havia formado, quando não encontrava a matéria-prima solicitava a obtenção para compras. Em muitos casos foi identificada a disponibilidade da mesma matéria-prima sob “domínio” de outro vendedor. A figura 6 apresenta o fluxo de processo atual levantado.

Figura 6: Fluxo de Processo Atual (as is)



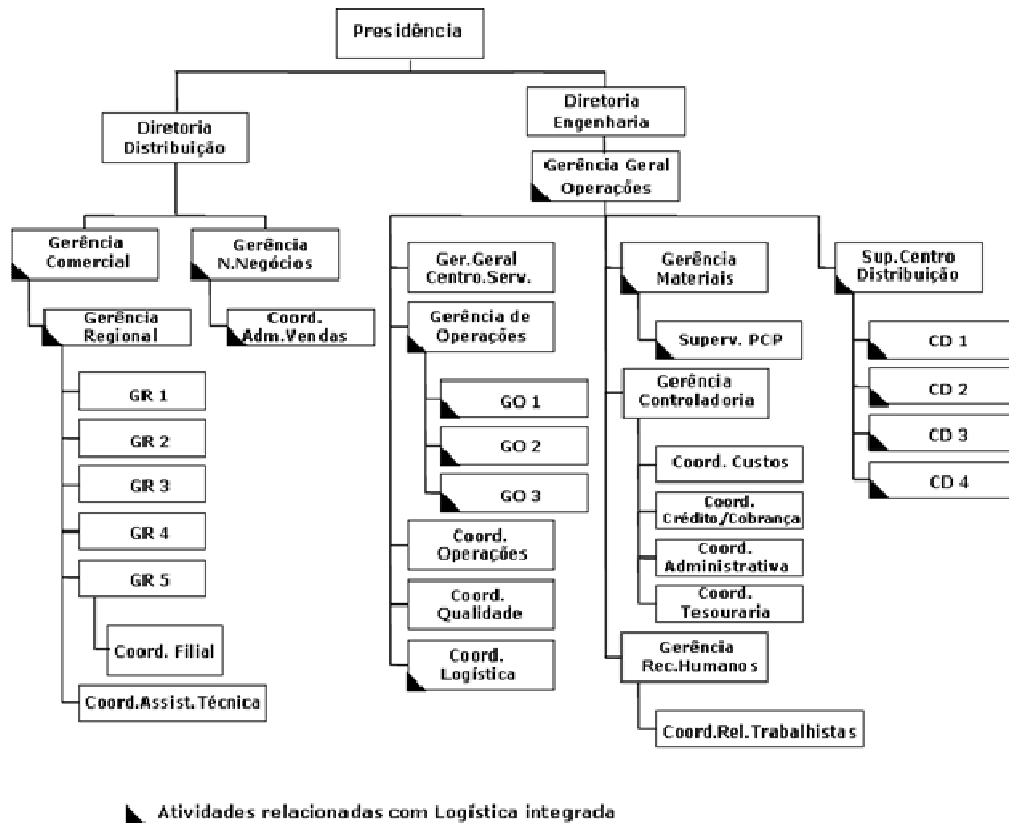
Fonte: elaborada pelo autor

Outro aspecto relacionado ao processo anterior é o encadeamento das áreas de forma estanque, ou seja, sem integração ou responsável pelo fechamento dos pedidos conforme as condições estabelecidas.

Essa característica pode ser observada na análise do organograma resumido da empresa, onde fica evidente a dispersão das atividades relacionadas com a gestão da cadeia de suprimentos. Na figura 7 o

organograma simplificado demonstra que a diretoria de distribuição, responsável pela empresa do estudo de caso, não tem sob sua gestão todas as áreas que tem atividades relacionadas ao processo logístico. As áreas de materiais, PCP e logística (carregamento e entrega de produtos) estão subordinadas a gerência geral de operações que por sua vez está subordinado à diretoria de engenharia localizada em outra localidade e comprometida com outras operações da empresa.

Figura 7: Organograma resumido (anterior)



Fonte: elaborada pelo autor

Os problemas normais do dia-a-dia de uma operação de transformação e atendimento de pedidos eram influenciados pela distância entre os responsáveis pela tomada de decisão, criando “conflitos” e

tentativas isoladas de solução para problemas pontuais sem análise do todo de forma integrada.

Foram levantados vários pontos que deveriam ser revistos na empresa:

- As várias funções da cadeia de suprimentos ligadas a áreas distintas na estrutura organizacional.
- A área de logística responsável somente pelas atividades de carregamento e entrega de produtos.
- Dificuldade de controle desde a previsão de vendas até o atendimento dos pedidos conforme solicitação dos clientes.
- Falta de responsável pelo "fechamento" do pedido, ou seja, partia-se do princípio de que todos trabalhariam para o atendimento. Mas ninguém tratava as exceções e garantia os prazos.
- Atendimento de pedidos de vendas segundo o conceito "make-to-order" (MTO) e subordinado à disponibilidade de matéria-prima.
- Programação de compras condicionada ao lead-time de 60 dias do fornecedor, sem tratamento adequado para as exceções.
- Previsão de vendas elaborada pelos vendedores de forma empírica e sem método ou modelo para padronizar os procedimentos.
- Estoque de matéria-prima e de produtos acabados de propriedade do vendedor conforme previsão de vendas.
- Conflito na negociação entre os vendedores para a liberação do estoque de matéria-prima que o vendedor "1" havia solicitado para atendimento do pedido do cliente do vendedor "2". Esse problema se intensificava quando o vendedor sequer consultava o sistema para procurar lotes de matéria-prima compatível com a venda que estava por fazer.
- Distorção do conceito de indicadores de desempenho entre as áreas. Sem noção exata do que os clientes internos esperavam como resultado de cada atividade.
- Confusão entre o conceito de Kanban e a manutenção de estoque estratégico para clientes especiais.
- O nível de confiabilidade dos estoques não considerado importante para o atendimento aos clientes e para o controle de produção.
- Vendedores tinham dificuldade de encontrar lotes em estoque compatíveis com a necessidade dos clientes, disparando novos pedidos de fabricação.
- O controle de custos era feito por área funcional e não por processo. Não havia consolidação do custo logístico total.
- Necessidade da ativação de muitas pessoas e áreas para o encadeamento dos pedidos de produção e vendas.

- Grande número de projetos em andamento, focando a otimização local sem coordenação geral, impossibilitando a visão de impacto no resultado geral da empresa.
- Cobertura de estoque da empresa de 3,8 meses para um nível de serviço de 61%, considerado incompatível com a política de produção *make-to-order*.
- A adoção de centros de distribuição, além dos centros de serviços, se mostrou incoerente com a política de produção “*make-to-order*”.

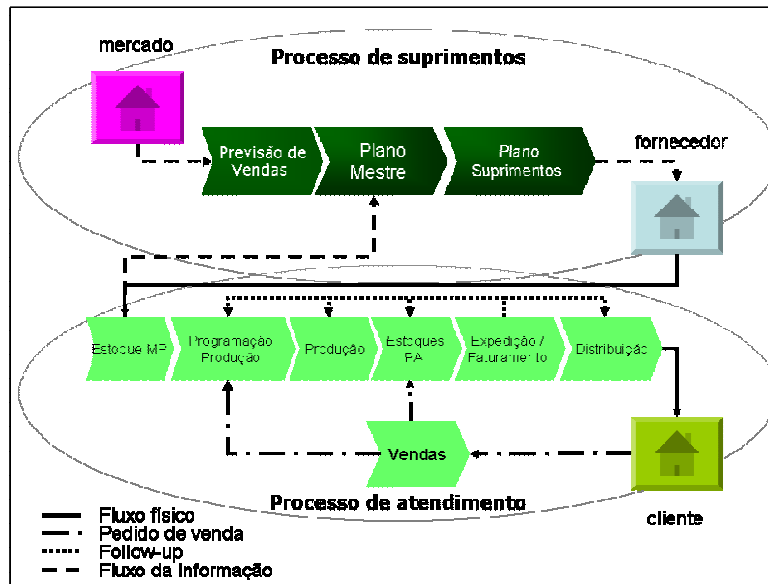
Processo de Suprimentos e Processo de Atendimento Propostos

A consultoria propôs a separação do processo em dois considerando que dado o *lead time* elevado (60 dias) seria necessário dar tratamento diferente para os dois processos envolvendo os suprimentos (abastecimento) e atendimento ao cliente, figura 8. O primeiro processo relacionado com a previsão da demanda e a tomada de decisão do que, quanto e para quando comprar, sendo responsável pelos modelos de previsão de demanda e pela elaboração do plano de abastecimento. Além do estoque real de matéria-prima, o modelo previa a criação o estoque virtual de disponibilidade para o aceite dos pedidos de vendas conforme a previsão de disponibilidade de matéria-prima.

O segundo processo iniciado a partir da consulta de vendas para eventual pedido até a entrega dos pedidos aos clientes passava a envolver o conceito de foco no cliente como definição da responsabilidade pelo acompanhamento do pedido até seu encerramento por uma só área. Devido a isso foi proposta uma nova área funcional na empresa denominada Logística Integrada agrupando as atividades relacionadas com a gestão do atendimento dos pedidos de vendas figura 9.

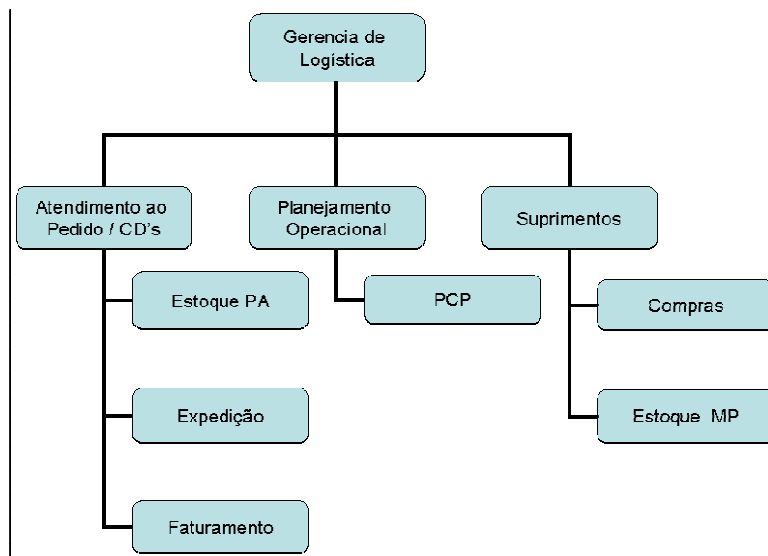
A nova área proposta teria o mesmo nível hierárquico das gerências comercial e de operações de forma que os problemas seriam resolvidos com maior facilidade em um processo de gestão colegiada do atendimento ao cliente.

Figura 8: Fluxo de Processo (proposto)



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 9: Estrutura Logística (proposto)



Fonte: elaborada pelo autor

Foram propostos novos paradigmas para orientar as ações segundo o conceito de Gestão da Cadeia de Suprimentos:

- Integração das atividades relacionadas com a cadeia de suprimentos - gestão de demanda, compras, programação de produção, gestão de estoque, expedição, faturamento - subordinadas a uma única gerência.
- O projeto de previsão de demanda foi revisado, adotando o uso de modelagem e simulação matemática.
- Mudança na sistemática de alocação dos estoques de matéria-prima e produto acabado. Os estoques são disponíveis para todos até a entrada das vendas, definindo a alocação dos mesmos.
- Implantação do conceito de POVE - Planejamento de Operações e Vendas, como modelo para a elaboração da Previsão de Vendas e do Plano de Produção.
- Devido à restrição do lead-time do fornecedor - de 80 dias - as compras de matérias-primas seriam definidas pela previsão de demanda e não puxadas pelos clientes.
- Implantação do inventário rotativo nos estoques com meta de confiança de 98%.
- Revalidação dos projetos, reagrupando os projetos interdependentes e estabelecendo prioridades segundo os critérios de impacto no resultado e facilidade de implantação.
- Os processos deveriam focar a redução do lead time global de atendimento para permitir a resposta rápida à demanda do cliente.
- A produção deveria ser puxada, tendo como iniciador o pedido do cliente, limitado pela disponibilidade de matéria-prima.
- A Expedição foi definida como responsável pelo encadeamento das atividades visando o cumprimento dos prazos - puxando o processo.
- Adoção da política de “make-to-stock” para itens de pronta entrega via centros de distribuição, “make-to-order” para os itens específicos dos clientes e “kanban” nos casos de consumo previsível e perene para clientes parceiros.

Proposta de mudança e ganhos potenciais

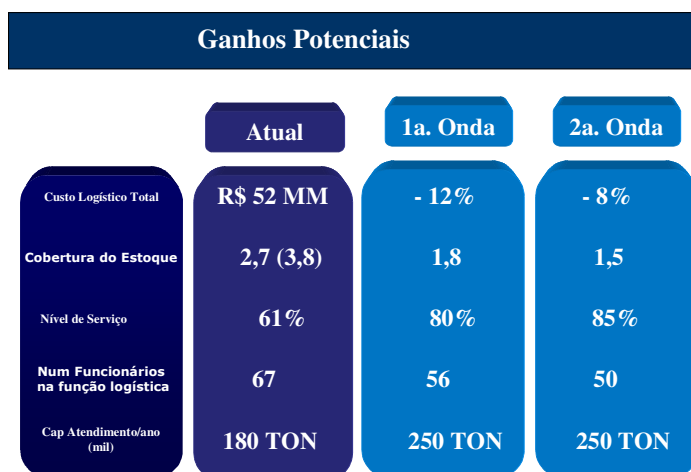
Várias ações foram propostas para aprovação, estabelecendo uma cronologia dentro de duas abordagens: facilidade de implantação e impacto no resultado, como segue:

- Avaliação e revisão das normas e políticas vigentes.
- Formatação e implantação de método de controle dos custos logísticos totais.

- Difusão do conceito de cliente interno e as relações entre as áreas.
- Estruturação de uma gerência de logística, integrando todas as atividades.
- Implantação de inventário rotativo para garantir a confiabilidade do estoque em 98%.
- Desenvolvimento de um software de apoio para coleta de dados de demanda por item configurado e simulação de cenários para a previsão de demanda.
- Formatação de política de estoque envolvendo itens "make-to-order" e "make-to-stock".
- Os diversos projetos em andamento e em estudo foram reavaliados e agrupados em projetos integrados e priorizados em três ondas a serem desenvolvidas em 18 meses.
- Adoção de indicadores de desempenho envolvendo os objetivos da empresa de atendimento de pedidos e resultados.

Com os projetos propostos foram estimados ganhos na primeira e segunda onda conforme ilustra a figura 10.

Figura 10: Ganhos potenciais advindos da implantação dos projetos



Fonte: Elaborada pelo autor

Resultados obtidos depois de 6 meses do início do projeto

Os resultados estratégicos alcançados se aproximaram do estabelecido, porém, foram identificadas dificuldades referentes à continuidade do projeto devido à acomodação devido aos resultados iniciais

satisfatórios, problemas relativos à cultura organizacional e adaptação dos gestores à nova estrutura organizacional. Os principais resultados estão apresentados abaixo:

- Resultados Estratégicos:
 - Nova gerência de Logística - consolidada
 - Redução da cobertura de estoque - de 2,7 para 2,1 meses
 - Nível de serviço - de 61% para 75%
 - Vendas - de 180.000 t/ano para 200.000 t/ano
 - Custo logístico - de \$52 milhões/ano para \$47 milhões/ano
- Resultados Operacionais
 - Controle de estoque - centralizado
 - Gestão de demanda - otimizada
 - Fluxo de produção - otimizado
 - Integração dos projetos - realizada

Análise Crítica do Caso sob a ótica do pensamento enxuto.

O caso destaca um projeto de mudança nas áreas de gestão de uma empresa sem contemplar no escopo o processo de produção. A partir do diagnóstico inicial e dos levantamentos feitos foram propostas alterações em políticas operacionais, processos e estruturas tendo como foco apenas os resultados da empresa sem a preocupação em definir claramente o que seria valor para o cliente. Para ser um projeto de “Logística Enxuta” segundo a revisão bibliográfica deveria, ainda, envolver o relacionamento entre os clientes, a empresa e seus fornecedores, desenvolvendo um processo puxado pelo cliente, atendido pela empresa com apoio de parcerias com o fornecedor de forma a reduzir o estoque e o “*lead time*” total.

Os esforços de mudança foram limitados à área de logística sem o envolvimento das áreas de produção (beneficiamento) e, quando os resultados se aproximaram dos objetivos estabelecidos para a primeira onda foram considerados satisfatórios arrefecendo os esforços de melhoria. Pode-se observar que a cobrança por resultados e a concorrência com outras atividades associados aos bons resultados iniciais poderiam ser razões para a não consolidação da mudança de forma completa.

Analizando-se sob a ótica dos cinco princípios do pensamento enxuto:

5.1. Valor. Na etapa para determinar as necessidades dos clientes, não houve preocupação em determinar o que representa valor para eles. O foco foi dado ao resultado do negócio, buscando atingir os níveis de desempenho praticados pela concorrência quanto à disponibilidade e prazo de entrega, sem a preocupação de buscar oportunidades para criar valor.

5.2. Fluxo de valor. Não foi feito o mapeamento do fluxo de valor. Das ferramentas preconizadas no item 2.3, aplicou-se apenas o mapeamento de atividades de processo para identificar o fluxo de processo e quais melhorias poderiam ser feitas quanto ao reagrupamento do processo em uma seqüência mais eficiente das atividades relacionadas diretamente à logística, sem identificar quais etapas agregam ou não valor para o cliente.

A limitação do escopo do projeto às atividades da logística e a não aplicação da matriz de resposta da cadeia de suprimentos impossibilitou a identificação de oportunidades de melhoria do “lead-time” interno, em particular das etapas de beneficiamento.

A falta do mapeamento do filtro de qualidade impediu que se identificasse e quantificasse os problemas de qualidade na cadeia de suprimento, deixando de mostrar oportunidades para redução de custos com produtos defeituosos recebidos do fornecedor, produtos rejeitados no beneficiamento e perdas acarretadas por erros nas entregas.

5.3. Fazer o valor fluir. Com o foco nos resultados, a solução encontrada para integrar as atividades relacionadas com a logística e de adequar à estrutura reduziu barreiras de comunicação, melhorou a eficiência dos processos de logística, possibilitando a melhoria dos resultados quanto à redução de estoques e alguma melhoria no atendimento aos clientes. Como as atividades não foram mapeadas quanto à agregação ou não de valor aos clientes oportunidades de eliminação ou re-configuração de atividades deixaram de ser cogitadas.

5.4. Puxar o valor. As ações tomadas para melhorar o nível de atendimento ao cliente foram fundamentalmente à criação de um melhor sistema de previsão de demanda para colocação de pedidos no fornecedor e designar a área de Expedição como responsável por cobrar as etapas anteriores do processo quanto aos prazos de entrega, buscando com isso um melhor nível de atendimento dos pedidos dos clientes. Apesar da adoção da política de “*make-to-order*” para os itens específicos dos clientes e “*kanban*” nos casos de consumo previsível e perene para clientes parceiros não foi incorporado o conceito de deixar que o cliente puxe o valor, onde cada processo deve puxar o necessário do processo anterior.

5.5. Perfeição. Efetivamente não foi incorporado um processo de melhoria contínua conforme constatado pelo esfriamento do processo de mudanças quando os resultados atingidos se aproximaram dos estabelecidos para a primeira onda.

Conclusão

A concorrência crescente influencia a busca por alternativas para a otimização de seus processos. A evolução do pensamento enxuto e seus desdobramentos nos diversos processos e áreas produtivas ainda precisam ser incorporados aos projetos oferecidos como solução para as empresas. Nesse sentido, as empresas de consultoria precisam e estão revendo seus métodos, incorporando o pensamento enxuto como fundamento para suas propostas de trabalho.

Pode-se constatar que somente um primeiro passo foi dado no sentido de organizar o confuso sistema de gestão da empresa, sendo um campo fértil de ganhos potenciais para um projeto de produção enxuta. Conforme verificado na revisão bibliográfica e constatado no estudo de caso, o mapeamento do processo foi à base das principais mudanças, mesmo sem identificar as etapas que agregam ou não agregam valor para o cliente. Além disso, o caso evidencia a importância de que o principal executivo seja o patrocinador do projeto, conhecendo os princípios para dar apoio às mudanças e continuidade em busca do estágio de perfeição.

Os potenciais de ganhos, os resultados e as dificuldades evidenciam a necessidade de ampliar os estudos visando o desenvolvimento de métodos e sistemas de apoio a implantação e o controle dos ganhos oriundos do pensamento enxuto. Faz-se necessária a formação de massa crítica de especialistas para formar novos profissionais e empresas de consultoria para ampliar o uso dos princípios do pensamento enxuto de forma ordenada e eficaz.

Boa parte dos resultados pode ser atribuída à simples abordagem sistêmica do problema, como por exemplo, a reavaliação e coordenação dos inúmeros projetos que antes eram conduzidos de forma isolada e muitas vezes com sobreposições de esforços e resultados esperados, os princípios do pensamento enxuto são compatíveis e aplicáveis à cadeia de suprimentos, otimizando os processos e dando um norte para a busca por soluções viáveis. Foi observado que houve preocupação com o levantamento das necessidades dos clientes - por meio de pesquisa e maior proximidade com os clientes; com a reestruturação do fluxo de processo - mapeando e alterando a estrutura organizacional e o processo logístico integrado; com o fazer fluir - eliminando etapas desnecessárias sob a ótica de melhorar a eficiência interna; com o puxar - definindo que o pedido do cliente deve orientar as ações, porém, na prática essa orientação se deu pela responsabilização da área de Expedição para fazer o *follow-up*, garantindo que todos os envolvidos fariam cumprir o programa de entrega.

A análise crítica realizada mostra que muitas oportunidades de melhoria e de redução de custos deixaram de ser consideradas pelo fato dos princípios do pensamento enxuto e das ferramentas não terem sido aplicadas ao caso em questão, evidenciando que sua adoção pode trazer maiores benefícios aos obtidos por uma abordagem sistêmica que não se fundamenta nos princípios de valor, fluxo de valor, fazer fluir o valor, puxar o valor e buscar a perfeição. De tal forma que os resultados observados poderiam ser melhorados se houvesse efetivo uso do pensamento enxuto no desenvolvimento do projeto e o aumento do escopo envolvendo o processo de beneficiamento.

Referências

BALLOU, Ronald H. The evolution and future of logistics and supply chain management. *Prod.*, dec 2006, vol.16, n.3, p.375-386.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de matérias e distribuição física.** Tradução Hugo T. Y. Yoshizaki, São Paulo: Atlas, 1993

DAHLGAARD, J.J.; DAHLGAARD-PARK, S.M. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n.3, p. 263-281, 2006.

HINES, P., HOLWEG, M., RICH, N. Learning to evolve. A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 24, n. 10 p. 994-1011, 2004.

HINES, P.; RICH, N. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Production and Operations Management*, Vol. 17, n. 1, p. 44 - 62, 1997.

JONES, D.T.; HINES, P.; RICH, N. Lean Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Bradford, Vol. 27, n. 3/4, p. 153, 1997.

KOBAYASHI, Shun'ichi. **Renovação Logística: como definir as estratégias de distribuição física global.** Tradução Valéria Custódio dos Santos, São Paulo: Atlas, 2000

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico lean. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean.** São Paulo: Lean Institute Brasil, Versão 2.0, Abril 2007.

NAVE, D. How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. **Quality Progress**, Vol. 35, n. 3, p. 73 - 78, Mar. 2002.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** - além da produção em grande escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PIAW, T.C. **From lean production to lean logistics: a review**. Singapore Management Review, Vol. 20, n. 1, p. 69-72, Jan. 1998.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção, do ponto de vista da engenharia de produção**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAYLOR, David A. **Logística na Cadeia de Suprimentos: uma perspectiva gerencial**. Tradução Claudia Freire, São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2005.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo. Baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.