

Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas**Aplicação da Logística Enxuta ao Abastecimento de Linha de Montagem para Aumento da Produtividade: Um Estudo de Caso**

Vicente Sinkunas

Centro Paula Souza – MSc Program – São Paulo – Brazil
sinkunasjr@uol.com.br

Getúlio Kazue Akabane

Centro Paula Souza – MSc Program – São Paulo – Brazil
getulio@akabane.adm.br

Gilberto Mourão

Centro Paula Souza – MSc Program – São Paulo – Brazil
gilmourao@hotmail.com

Julia Muniz Barreto

Centro Paula Souza – MSc Program – São Paulo – Brazil
jumunizb@gmail.com

Hamilton Pozo

Centro Paula Souza – MSc Program – São Paulo – Brazil
hprbrazil@hotmail.com

Resumo - Este artigo tem como objetivo apresentar como a aplicação da Logística Enxuta (*Lean Logistics*) ao abastecimento de uma linha de montagem contribuiu para o aumento da produtividade do sistema produtivo de uma nova fábrica de caminhões. Foi realizada uma avaliação qualitativa da aplicação no ambiente operacional e identificou-se um conjunto de melhorias efetivas e melhores resultados alcançados.

Palavras-chave:

Produtividade, Abastecimento enxuto de materiais, Linha de montagem de caminhões

Abstract: This article presents how the application of the lean logistics to the line feeding of an assembly line contributed to the increase of productivity in a new truck plant in Brazil. A qualitative assessment on the shop floor identified a set of effective improvements and better results.

Keywords:

productivity; lean line feeding; truck assembly line

1 Introdução

A produção enxuta tem como pressuposto o aumento da produtividade, isto é, fazer mais com menos recursos e suprimir fontes de desperdícios ao longo da cadeia de valor (SHAH; WARD, 2003).

A produção enxuta é uma prática de gestão multidimensional, que inclui o *just in time*, sistemas da qualidade, trabalho em equipe, entre outros, compondo um sistema integrado (SINGH *et al.*, 2011). A literatura científica reforça a crescente importância da transferência dos seus conceitos para as áreas administrativas e de apoio à produção, como o planejamento, qualidade, manutenção e a logística (DEIWIKS *et al.*, 2008).

Esta pesquisa aborda como a Produção Enxuta se conecta idealmente à sua cadeia de abastecimento pela Logística Enxuta no ambiente operacional e procurou responder: Como a aplicação de elementos da logística enxuta ao abastecimento de linha de montagem automotiva contribuiu para o aumento de produtividade?

A análise e avaliação da logística de abastecimento foram realizadas no chão-de-fábrica de uma linha de montagem de uma nova fábrica de caminhões de uma montadora multinacional localizada na região sudeste do Brasil.

A pesquisa foi organizada de modo a primeiro criar uma base de comparação, por meio de referências teóricas, para depois avaliar, pelo estudo de caso, a contribuição da logística enxuta para o aumento da produtividade sistêmica. Na sequência são apresentados o método de pesquisa, o caso em estudo e os resultados obtidos. Ao final encontram-se conclusões e considerações acerca desta pesquisa.

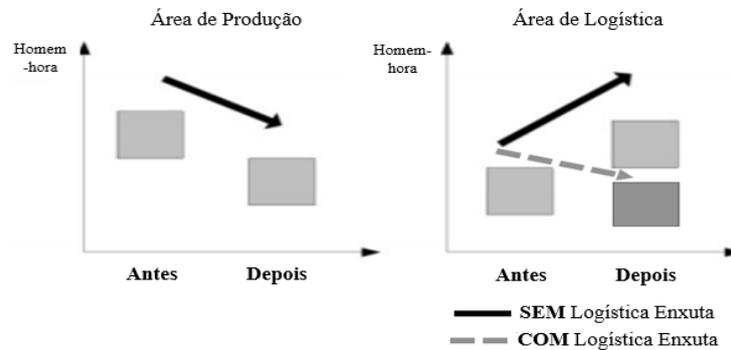
2 Referencial Teórico

2.1 Aumento da produtividade com a logística enxuta

Althoff (2009) reforça que a aplicação isolada de conceitos de produção enxuta não contribui para uma otimização sistêmica, pelo contrário, pode até mesmo prejudicar o desempenho operacional.

A implantação de ferramentas e métodos enxutos nos processos produtivos tem reflexo em processos anteriores e posteriores, como é o caso da logística. Tornar a manufatura mais enxuta a fim de aumentar a produtividade, implica em elevar os requisitos para os processos logísticos (GÜNTNER *et al.*, 2011). Por exemplo, uma redução nos tamanhos de lotes requer reposições confiáveis de quantidades menores com maior frequência, o que implica em aumento de tempos, custos e ajustes em processos de transporte, sequenciamento, coleta e armazenamento (WANNENWETSCH, 2010). A figura 1 ilustra o efeito da aplicação da logística enxuta na carga de trabalho.

Sob esse prisma, consegue-se conceber a abordagem de otimização sistêmica denominada "*line back*" (figura 2), que percorre a ordem inversa da cadeia de agregação de valor, iniciando otimizações a partir da linha de montagem (ou posto de trabalho) até atingir os fornecedores (KLUG, 2010).

Figura 1 - Efeito da aplicação da logística enxuta na carga de trabalho

Fonte: Adaptado de Höltz (2012)

As otimizações iniciam-se a partir do posto de montagem, eliminando-se desperdícios (andar, esperar, etc.) e transferindo-se atividades que não agregam diretamente valor ao produto para o próximo estágio anterior na cadeia de valor, por exemplo, para a logística de abastecimento. Continua-se expurgando ineficiências e desperdícios do sistema, pelos vários níveis de agregação de valor, incluindo todos os fluxos de materiais e de informação, até se chegar, por exemplo, ao suprimento de matéria-prima por fornecedores.

Figura 2 - Otimização sistêmica segundo o princípio *line back*

Fonte: Autores

Deve-se observar, porém, que, antes da tentativa de se sincronizar processos com parceiros da cadeia de suprimentos, os próprios processos logísticos devem ter atingido maturidade e estabilidade suficientes, para que se consiga um desempenho desejado.

2.2 O abastecimento enxuto de linhas de montagem

As modernas linhas de montagem atendem uma larga variedade de modelos em combinações de escolhas (mix) quase ilimitadas, o que se traduz em diferencial competitivo na indústria automobilística. Este tipo de linha requer um abastecimento variável de peças diversas, para cada uma das estações de trabalho que compõem a linha de montagem e, frequentemente, é necessária uma adequação na forma e nas quantidades de entrega originalmente recebidas dos fornecedores (BAUDIN, 2004).

O abastecimento de material tem como preocupação principal a decisão sobre qual princípio de fornecimento adotar para suprir uma ou mais estações de trabalho de uma linha de montagem. Johansson (1991) descreve três diferentes princípios de abastecimento de material: contínuo, em lotes e em kits (conjuntos de peças).

Usualmente as áreas disponíveis próximas às estações são escassas e insuficientes para comportar a diversidade de materiais. Os montadores podem se servir de peças fornecidas com ou sem embalagens ou em conjuntos específicos (kits), dispostos no posto de trabalho pela logística de abastecimento, e consumidos conforme as ordens de produção.

A logística de materiais precisa atender a produção e a montagem assim que requerido, sem que recursos sejam desperdiçados em estoques ou em esperas no fluxo de abastecimento. Isso requer, o envolvimento e sincronização de toda a cadeia de suprimento para viabilizar a produção e entrega *just in time* por fornecedores internos e externos à empresa, num esforço de gerenciamento que atenda os custos e qualidade planejados (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2010).

2.3 Avaliação qualitativa da aplicação da logística enxuta

A literatura científica não apresenta atualmente nenhum quadro geral de métodos e ferramentas da logística enxuta. Os componentes básicos são amplamente identificados pelos autores, porém, a realização dos componentes individuais tem um nível muito diferenciado de detalhamento (BAUDIN, 2004; TRENT, 2008; TAYLOR; BRUNT, 2002; KERBER; DRECKSHAGE, 2011).

Para fins desta pesquisa, adotou-se como referência Klug (2010), que diferencia as áreas interna e externa da logística enxuta. A interna refere-se aos aspectos: posto de trabalho, chamada (para reabastecimento) de materiais, disposição de materiais no posto, transporte interno e transbordo e armazenamento internos. A logística externa foca em todos os aspectos da gestão de fornecedores e atividades de transporte, transbordo e armazenamento externos à empresa.

O foco desta pesquisa concentra-se na logística interna, com ênfase nos métodos e elementos fundamentais relevantes ao abastecimento de linha, delineados conforme o estado atual do conhecimento e importantes dentro da logística enxuta sistêmica. Para avaliação qualitativa da aplicação dos elementos de logística pertinentes ao abastecimento da linha de montagem da empresa em estudo, foram utilizados os requisitos e descrições definidos por Höltz (2012).

3. Método

Esta pesquisa desenvolveu-se segundo os pressupostos das pesquisas bibliográfica e descritiva e do estudo de caso único.

A pesquisa bibliográfica, segundo Bervian e Cervo (2002), procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Foi utilizada para fundamentar as contribuições da produção e da logística enxutas para o incremento da produtividade e obter referências teóricas para avaliação das aplicações, em particular, voltadas ao chão-de-fábrica. A pesquisa descritiva, segundo os mesmos autores, procura descobrir com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características.

Um estudo de caso é um estudo empírico em que várias unidades de medida são usadas para coletar dados como evidências. Ele permite um detalhamento de investigação, onde o objetivo é descrever as características, contexto e processos de um determinado fenômeno (YIN, 2009). O estudo empírico desta pesquisa envolveu os fenômenos que uma organização experimenta durante a aplicação da logística enxuta em seu sistema produtivo. A obtenção de evidências se deu por meio de visitas ao chão-de-fábrica e observações diretas pelos próprios pesquisadores. A coleta dos dados foi realizada ainda por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores e colaboradores das áreas de montagem e logística, bem como pela análise de sistemas de informação, documentos e arquivos históricos, de divulgação restrita pela própria empresa.

Segundo Yin (2009), o estudo de caso único se justifica em várias circunstâncias. Dentre aquelas observadas nesta pesquisa, está a importante experimentação da teoria, neste caso relacionada à aplicação dos elementos da logística enxuta interna verificados por Hóltz (2012). Outro argumento é a representatividade deste caso, típico e revelador da indústria automobilística. Além disso, o caso proporcionou a rara oportunidade de acesso a uma empresa com aplicação moderna e exemplar dos conceitos da produção e da logística enxuta.

4. Resultados e Discussão,

4.1 A empresa

No começo de 2012 iniciou-se a produção de uma nova fábrica de caminhões de uma montadora multinacional, localizada na região sudeste do Brasil. O sistema de produção de veículos comerciais, concebido segundo os mais modernos princípios da Produção Enxuta (*Lean Production*) e padronizado no grupo mundialmente, foi aplicado de forma que essa filosofia fosse incorporada à cultura da empresa desde o início. Verificou-se que os conceitos são bem dominados pelos colaboradores próprios e de terceiros.

Para fabricação de dois tipos bem distintos de caminhões – um do segmento de mercado leve e outro do extrapesado - na mesma linha de montagem, optou-se, pioneiramente por utilizar veículos autoguiados (AGV) para transporte dos caminhões entre estações de trabalho (Figura 3). Isto flexibiliza mudanças da linha, além de racionalizar o uso de área produtiva.

Figura 3 – Linha de montagem de caminhão com uso de AGV



Fonte: AutoNewsTV

Conforme observado localmente, a logística enfrenta desafios para abastecer a grande variedade de peças para as muitas variantes dos dois modelos de caminhões. Para evitar o uso de uma enorme área para disposição de cada tipo de peça ao longo da linha, optou-se pelo abastecimento com carrinhos com kits (conjuntos) de peças definidas, deixados nos pontos de uso demarcados nas estações (Figura 4). Somente elementos de fixação e peças pequenas se encontram em embalagens pequenas nas prateleiras ao longo das estações de montagem. Todas as entregas são realizadas por rebocadores, que circulam em rotas fixas e cadenciadas pelo consumo na linha, de acordo com a demanda exigida (*takt time*). Não há circulação de empilhadeiras no interior da fábrica.

Figura 4 – Exemplo de carrinhos com kits de peças



Fonte: AutoNewsTV

As chamadas de peças ocorrem por escaneamento com laser de cartões Kanban. Todas as atividades de logística são realizadas por um provedor de serviços terceirizado, o que inclui a formação de kits preparados conforme a sequência de montagem, em uma unidade externa à empresa.

Não se constatou a formação de estoques desnecessários. Um exemplo é a produção de cabinas acabadas, executada em prédio diferente da montagem, que é totalmente sincronizada com a linha de montagem de veículos, sem a estoques intermediários, à exceção das cabinas no próprio trajeto.

4.2 Resultados

Com base no referencial teórico, os pesquisadores realizaram uma avaliação qualitativa da aplicação de elementos fundamentais da logística enxuta selecionados para o abastecimento de linha de montagem. As avaliações foram compiladas pelos pesquisadores e validadas pelos entrevistados.

Os resultados encontram-se no Quadro 1 e referem-se às contribuições relacionadas ao aumento de produtividade, seja ela pelo aumento da produção útil ou pela redução de recursos empregados.

A coluna de Observações da tabela informa o grau de implementação dos elementos julgados, conforme a progressão de fases seguinte: “fase de conceito”, “fase de planejamento”, “fase de implementação” e “implementado”.

Quadro 1 – Contribuições da aplicação dos elementos da logística para a produtividade

Aspecto	Elemento da Logística Enxuta	Contribuições para a Produtividade	Obs.
Posto de trabalho	Cadeia de fornecimento orientada à demanda cliente	Abastecimento de linha integrado à cadeia de suprimento e sincronizado com o ritmo de consumo da linha (<i>takt time</i>); melhor utilização e planejamento de recursos (inclusive mão-de-obra)	Implementado
	Materiais em pouca distância de alcance	Carrinhos com Kits e prateleiras de peças situados de modo a minimizar a movimentação dos montadores na linha	Implementado
	Produtividade de Área	Todos os materiais e caixas necessários estão dentro da estação de trabalho respectiva; entregas por meio de kits minimizam a ocupação de área ao longo das estações	Implementado
	<i>Poka Yoke</i> (à prova de erros)	Filosofia <i>Poka Yoke</i> adotada também para as atividades da logística (ex. Kits para variantes) evitando produtos defeituosos	planejamento
	<i>Andon</i> (status de anormalidades)	Monitores LCD ao longo da linha sinalizam também problemas com o abastecimento logístico (ex. peças faltantes ou erradas) e disparam reação rápida para a retomada da produção	Implementado
	Triângulo de montagem	O material alocado na estação possibilita a coleta única ou minimizada de peças antes da montagem (mínimo percurso)	Implementado
Chamada p/ reabastecer	Chamada de peças orientada à demanda (<i>pull</i>)	Uso intensivo de Kanbans com escaneamento de código de barras para a reposição eficiente de embalagens pequenas	Implementado
	Gerenciamento visual de áreas e pulmões (estoques)	Metodologia 5S bem implementada para a montagem e logística: auxilia detecção e evita ocorrência de desperdícios (ex. tempo de procura)	Implementado
Disposição de Materiais no posto	Embalagens pequenas padronizadas	Menores embalagens possíveis para cada item (menor inventário e espaço) dispostas conforme utilização e ergonomia	Implementado
	Peças grandes dispostas sem embalagens	Peças em carros Kit somente com peças desembaladas; não há retirada de embalagens pelo montador no posto (desperdício)	Implementado
	Troca 1:1 de embalagens cheias e vazias	Embalagens vazias são retiradas dentro das rotas de entrega; melhor eficiência e espaço requerido	Implementado
	Princípio de uma embalagem	Menor necessidade de área e estoques: não implantado, mas possível com o uso dos scanners pelo montador	Conceito

	Formação de Kits	Opção prioritária; redução de desperdícios na montagem compensa acréscimo na carga de trabalho da logística	Implementado
Transporte interno	Transporte sem empilhadeiras	Não há uso no interior dos prédios de montagem: segurança maior, tráfego definido e eficiência (sem transporte vertical)	Implementado
	Rebocadores com rotas cíclicas conforme a demanda	Maiores capacidades de transporte com tempos de entrega definidos; sem tempo de procura por necessidades de material	Implementado
	Supermercados próximos à área de montagem	Supermercados para reposição de carros de kits e embalagens pequenas são externos e administrados por terceiros	n/a
Armazenagem interna	Entregas de material próximas ao ponto de uso	Entregas em cada estação com demarcação e gestão visual do consumo; menor movimentação e percurso dos montadores	Implementado
	Logística de mínimos trajetos	Carros de kit cheios e vazios em ponto único dentro do prédio de montagem: menores percursos e uso de pessoal	Implementado
	Gerenciamento visual de áreas e giros de estoque	Área de reabastecimento central com tempos de processamento otimizados, fluxos claros, menos erros e controles visuais	Implementado

Fonte: Autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma linha de montagem automotiva moderna, uma das formas de se viabilizar o abastecimento de materiais para a enorme variedade de modelos de produtos e combinações de acessórios desejados pelos clientes, é através da aplicação da logística enxuta.

Para aumento contínuo da produtividade do sistema enxuto integrado é importante que as ações de melhoria sejam conduzidas a partir da estação de trabalho, privilegiando a aplicação de princípios e elementos fundamentais, que garantam processos estáveis e robustos, focados na agregação de valor, eliminando ou transferindo desperdícios para fora do sistema e propiciando a simplificação e a aprendizagem pelos funcionários.

Esta pesquisa teve como objetivo demonstrar como a aplicação de elementos da logística enxuta ao abastecimento de linha de montagem automotiva contribuiu para o aumento de produtividade. Para tanto, buscou no referencial teórico escasso, uma compreensão comum de quais elementos devem ser considerados na avaliação. Mostrou-se ainda, como a aplicação desses elementos, de forma progressiva e compatível com a cultura empresarial, leva a ganhos de produtividade sistêmica. Procurou-se ainda dar subsídios à uma avaliação qualitativa abrangente da logística enxuta interna, que pode evidenciar o grau de

implementação ou maturidade da mesma e, servir ainda, como parâmetro para priorização de ações de implementação e otimização.

O estudo de caso contribuiu para a melhoria e complementação de aspectos da aplicação da logística enxuta na empresa em estudo, que serão estendidos para outras linhas de montagem. O estudo também apoiou a pesquisa acadêmica através do acesso a informações e melhores práticas da produção enxuta, obtidas diretamente da operação de uma moderna montadora multinacional de caminhões.

Recomenda-se para futuras pesquisas, considerar as melhores práticas e referências apresentadas para aplicação à linha de montagem do segmento automobilístico, para outras situações de montagem seriada, em outros segmentos e empresas distintos

Referências

ALTHOFF, K. *Erfolgreich mit Lean Logistics*. in: Logistik für Unternehmen, Vol. 23, 2009.

AUTONEWSTV. Imagens extraídas de vídeo da inauguração da empresa. Disponível na internet: <https://www.youtube.com/watch?v=J-ZIB6QHjCg>. Acessado em 20. out. 2014.

BAUDIN, M. *Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: Productivity Press, 2004.

BERVIAN, P.A; CERVO, A.L. *Metodologia Científica*. 5º. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

DEIWIKS, J.; FAUST, P.; BECKER, H.; NIEMAND, S.: "*Lean*" im indirekten Bereich. in: zfo - Zeitschrift Führung + Organisation, Vol. 77, 2008.

GÜNTNER, W.; KLENK, E.; KNÖSSL, T. *Neue Wege zur Gestaltung schlanker Logistikprozesse*, in: Wolf-Kluthausen, Hanne Verlag, Jahrbuch Logistik, Korschbroich, 2011.

HÖLTZ, N.: *Lean Logistics Maturity Model* - Ein Reifegradmodell zur Bewertung schlanker intralogistischer Unternehmensstrukturen. Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen der Brandenburgischen Technischen Universität, Cottbus, 2012.

JOHANSSON, M.I.. *Kitting systems for small size parts in manual assembly systems*. In: M. Pridham, and C. O'Brien, eds. *Production research - approaching the 21st. century.*, p. 225-230. London: Taylor & Francis, 1991.

KERBER, B.; DRECKSHAGE, B.: *Lean supply chain management essentials. A framework for materials managers*. Boca Raton, New York, 2011.

KLUG, F. *Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau*, Berlin, 2010.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. *Lean manufacturing: context, practice bundles and performance*. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.

SCHNIEDERJANS, M. J.; SCHNIEDERJANS, D. G.; SCHNIEDERJANS, A. M *Topics in Lean Supply Chain Management*. New Jersey: World Scientific, 2010.

SINGH, B; SHARMA, S.; GUPTA, R.D., KUMAR, A. *Supplier Issues for Lean Implementation*. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(5), 3900-3905, 2011.

TAYLOR, David; BRUNT, David, *Manufacturing operations and supply chain management. The LEAN approach*, London, 2002.

TRENT, R. *End-to-end lean management: A guide to complete supply chain improvement*, Fort Lauderdale, Fla, 2008.

WANNENWETSCH, R. *Schlanke Logistik, aber bitte mit Köpfchen*. in: *Logistik für Unternehmen*, Vol. 24, 2010.

YIN, R.K. *Case Study Research Design and Methods* 4th ed.,: California: SAGE Publications, Inc., 2009.