

Aplicabilidade da filosofia enxuta em indústrias de processo contínuo

Autor: Hugo Miguel Ribeiro Oliveira - CPF: 012.600.219-39

(UTFPR/Ponta Grossa) hugo.oliveira@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Luiz Mauricio Martins de Resende - CPF: 716.737.929-87

(UTFPR/Ponta Grossa) lmresende@utfpr.edu.br

Professor Disciplina: Prof. Dr. João Luiz Kovaleski - CPF: 403.779.209-59

(UTFPR/Ponta Grossa) kovaleski@utfpr.edu.br

Resumo:

Este artigo objetiva a revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional, principalmente referente aos temas de manufatura enxuta, processo contínuo e aplicação de conceitos de manufatura enxuta em indústrias de processo contínuo, tais como manufatura de cimento, de refratários, e de aditivos químicos, assim como na indústria de fundição e mineração. A aplicação de ferramentas e técnicas enxutas em processos contínuos ainda esta em fase de conscientização, devido principalmente ao fato que existe pouca literatura e pesquisas sobre a filosofia enxuta no âmbito de produções contínuas. No entanto, a literatura e pesquisas científicas existentes apontam que a aplicabilidade do pensamento e ferramentas enxutas tem um potencial enorme, visto que os estudos de caso analisados demonstram vários benefícios obtidos no quadro de produções contínuas em vários segmentos industriais.

Palavras chave: Manufatura Enxuta, Ferramentas Enxuta, Cultura Enxuta, Processo Contínuo

Applicability of lean philosophy to continuous process-based industries

Abstract

This article aims at the bibliographic review of national and international literature mainly concerning the topics of lean manufacturing, continuous process and applicability of concepts of lean manufacturing in continuous process, such as cement manufacturing, refractory industry, and chemical additives industry, as well as in foundry and mining industry. The application of lean tools and techniques in continuous processes is still in the process of awareness raising due to the fact that there is little literature and research on lean philosophy in the context of continuous production. However, the available scientific literature and research indicate that the applicability of lean thinking and tools has an enormous potential, since the analyzed case studies have pointed out great benefits within the framework of continuous production in various industrial segments.

Key-words: Lean Manufacturing, Lean Tools, Lean Culture, Continuous Process

1. Introdução

O conceito de Manufatura Enxuta, também conhecida como Lean Manufacturing ou Sistema Toyota de Produção pode ser visto como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar as atividades e os desperdícios sem valor agregado através de conceitos de melhoria contínua e harmonização do processo de produção, com o intuito de melhorar as organizações em termos de produtividade e eficiência a fim de chegar o mais próximo possível da excelência operacional (WOMACK; JONES; ROOS, 1992)

O conceito de manufatura enxuta originou no setor de fabricação de automóveis. O modelo de Henry Ford de produção em massa baseado em três elementos-chave, como transportadores, divisão do trabalho e uma cadeia de suprimentos integrada, hoje em dia não atende as necessidades organizacionais do século XXI devido ao desperdício operacional associado com esta filosofia. Contudo, o “Fordismo” foi o precursor em termos de sistema de manufatura e a base do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção. O “Toyotismo” é considerando uma evolução importante do “Fordismo” visto que o grande foco do modelo esta na eliminação de desperdícios, além da busca perpetua da melhoria contínua da eficiência do sistema organizacional com o objetivo de incrementar produtividade (FORD, 1926) (MONDEN, 1984).

O modelo de manufatura enxuta foi, sobretudo, implementado em indústrias de produção em massa e por bateladas como fabricação de automóveis, eletrodomésticos, produtos, têxteis, assim como em serviços em grande escala como bancos, seguros e transporte aéreo. O sistema Toyota de produção se espalhou amplamente nos segmentos mencionados acima devido ao fato da importância e dependência das cadeias de suprimentos de vários componentes necessários e pertinentes na produção ou montagem de um produto final, ou seja, a integração do fornecedor com o cliente. Neste contexto, várias ferramentas enxutas são utilizadas para integrar fornecedores, fabricantes e armazéns de forma eficiente para que a mercadoria ou componentes sejam produzida e distribuída em quantidades certas para os locais certos e na hora certa, assim otimizando estoques em processo (WIP – Work-in-Process). O fornecedor sendo o ponto inicial da cadeia de suprimentos é enxergado como um fator de extrema importância em uma produção enxuta. Muitas empresas aplicando a filosofia enxuta vêm os seus fornecedores sendo uma parte da equipe (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Em uma produção em massa ou por bateladas tradicionais, o inventário de estoques em processo (WIP) nos buffers é/ou nas filas é próprio a este tipo de produção, aonde o inventário é mantido no mínimo possível, comumente conhecido como “Just-in-Time” (JIT), considerando problemas (ou atrasos) potenciais de entrega ou retrabalho dos componentes (OHNO, 1997).

No caso de processos contínuos de produção, tais como cimento, papel, bebidas, e produtos químicos, a aplicação dos conceitos enxutos é sinônimo de desafio principalmente devido à quase inexistência de estoques em processo e quase independência de fornecedores. Em poucas palavras, o conceito de “Just-in-Time” é inerente aos processos contínuos visto que o processo é geralmente muito inflexível, fortemente automatizado requerendo pouca intervenção humana, e requerendo um mínimo de estoque de produtos (é não em processo), além que todas as estações de trabalho estão interconectadas em seqüência linear (MONDEN, 1984).

Contudo, algumas ferramentas da manufatura enxuta foram adaptadas com sucesso aos processos contínuos com o objetivo de melhorar as organizações a fim de atingir a excelência operacional. Uma delas é o Mapeamento do Fluxo de Valor, também conhecido com Value Stream Mapping (VSM). As ferramentas enxutas que podem ser aplicadas são de extrema

importância para as organizações com processos contínuos a fim de manter e/ou melhorar a competitividade (MAHAPATRA; MOHANTY, 2007).

2. Revisão bibliográfica

O objetivo primeiro do presente artigo é de realizar uma revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional principalmente referente aos temas de manufatura enxuta, processo contínuo e aplicação de conceitos de lean manufacturing em indústrias de processo contínuo, tais como manufatura de cimento, de refratários, e de aditivos químicos, assim como na indústria de fundição e mineração.

2.1 Manufatura enxuta: origens

A primeira pessoa que realmente revolucionou os métodos de produção foi Henry Ford em 1913, com a primeira linha de montagem em processo contínuo. Ford teve a idéia de casar vários princípios como à instalação de uma linha de montagem móvel e a padronização de produzir em grandes lotes, utilizando peças intercambiáveis. O público em geral enxergava este novo tipo de organização do trabalho como monótono e repetitivo, mas do ponto de vista da engenharia de produção as vantagens eram substanciais (FORD, 1926).

Ford reajustava com frequências as etapas de fabricação para obter um processo seqüencial. Começou a usar máquinas dedicadas assim como indicadores para a fabricação e montagem de componentes em um tempo mínimo, além de integrar diretamente na linha de montagem esses menos componentes. O problema com o sistema Ford não foi o fluxo contínuo visto que os estoques de toda a empresa podia ser utilizado em poucos dias. O problema em realidade era sim a sua incapacidade de oferecer variedade. O Modelo T não foi apenas limitado a uma cor, mas também foi limitado por uma única especificação, o que significa que todos os chassis Modelo T eram absolutamente idênticos ao fim da produção em 1926. Cada máquina na empresa trabalhava em um único componente, aonde não havia praticamente nenhuma alteração (FORD, 1926).

Quando os clientes começaram a pedir mais escolha, Ford não percebeu essa nova tendência do mercado, enquanto as outras montadoras já tinham respondido a demanda de variedade de modelos e opções com novos sistemas de produção, porém aonde as fases de concepção e fabricação eram mais longas, aumentando assim o prazo de entregue dos veículos, chegando a atrasos substanciais. Para tentar compensar esse lead-time maior, as montadoras adquiriram máquinas maiores e mais rápidas, requerendo também um inventario de componentes maiores. A medida de incremento da complexidade de fabricação, os atrasos na linha de fabricação tornaram-se cada vez piores (FORD, 1926).

Nos anos 30 e após a Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e outros da Toyota analisaram esta o conceito de Ford de perto. Sugeriram melhorar o pensamento original do Fordismo com algumas inovações e ideais simples para garantir um fluxo contínuo e uma grande variedade de produtos. A partir daí, começou o famoso sistema Toyota de produção (OHNO, 1997).

O sistema Toyota de produção enxergava que em um contexto de baixo crescimento econômico e da diversificação de produtos acabados, era necessário limitar a produção e só fabricar veículos que sabiam que eram capazes de vender. O estabelecimento de tal sistema implicou a limitação do tamanho dos lotes de produção e a mudança freqüente e rápida de ferramentas. Além disso, a filosofia do sistema Toyota de produção exige que os engenheiros de produção enxerguem um fluxo de produtos ao longo do processo, e não analisem somente a linha de montagem de forma individual, ou seja, por maquina (OHNO, 1997).

2.2 Manufatura enxuta: princípios

A conceituação da manufatura enxuta é derivada do trabalho Womack, Jones e Roos (1992). Esta formalização tomou forma em um primeiro livro que se tornou um ponto de referência "A Máquina que Mudou o Mundo". Os conceitos foram expandidos para outros sectores fora da indústria automóvel, o que deu um segundo livro de referência "Lean Thinking" (WOMACK; JONES, 2004). Segundo Womack, Jones e Roos (1992), os cinco princípios fundamentais da manufatura enxuta na eliminação dos desperdícios são a especificação do valor, a identificação da cadeia de valor, o fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição.

A especificação do valor: O primeiro princípio do valor da manufatura enxuta remete diretamente ao valor percebido do cliente. A idéia é que você tem que oferecer ao cliente o que ele quer e não o que a sua produção permite fazer. Por trás da idéia de valor, também é considerado a idéia de "não-valor", isto é, tudo o que é utilizado para produzir o produto ou o serviço, mas que não traz valor para o produto, ou seja, desperdício.

O fluxo de valor: O segundo princípio introduz o conceito de fluxo de valor. Este conceito é fundamental porque traz consigo o processo de visão. A visualização do fluxo induz a otimização do fluxo de maneira sistêmica e global. O fluxo de valor também permite a análise de valor a cada nível do processo de modo que o valor pode ser otimizado e o desperdício eliminado.

A identificação da cadeia de valor: O terceiro princípio refere a noção de identificação da cadeia de valor a fim de garantir que o valor esteja constantemente em movimento para evitar desperdício e estoques excessivos, em outras palavras, dinheiro parado.

Produção puxada: Puxar o fluxo é baseado na idéia que para iniciar as atividades a montante do sistema, primeiramente tem que existir um retorno do sistema abaixo, ao contrario do sistema empurrado aonde não existe retorno. O sistema puxado proporciona melhoria operacional na gestão do fluxo uma vez que apenas o que é pedido pelo cliente é realizado ou fabricado, ou seja, o produto que é entregue é ajustado às necessidades do cliente.

Busca da perfeição: O quinto e último princípio fundamental de Womack, Jones e Roos (1992) remete a noção de perfeição ou zero desperdício, aonde esta não se limita à idéia de proporcionar uma qualidade de produto ou serviço, mas também oferecer ao cliente o produto cujo valor está alinhado com as necessidades do cliente. Por trás da busca da perfeição tem também a idéia de melhoria contínua a fim de atingir uma excelência operacional.

2.3 Manufatura enxuta: técnicas e ferramentas

Primeiramente, é de extrema importância ressaltar o conceito de desperdícios (muda) desenvolvido por Ohno (1997) no quadro do sistema Toyota de produção.

- a) **Superprodução:** Produzir mais produto do que o necessário;
- b) **Estoque:** Qualquer componente em excesso para produzir o produto;
- c) **Espera:** Operador ou máquina ociosa;
- d) **Transporte:** Qualquer movimentação de material que não agrega valor ao produto;
- e) **Defeitos:** Produzir peças defeituosas;
- f) **Movimentação:** Movimento de pessoas ou máquinas que não agrega valor ao produto;
- g) **Processamento desnecessário:** Qualquer processo que não agrega valor ao produto.

Embora certas técnicas e ferramentas enxutas não sejam aplicáveis a organizações com processos contínuos, é primordial explorar brevemente as principais ferramentas enxutas. A tabela desenvolvida por Mahapatra e Mohanty (2007) ajuda na compreensão do objetivo dessas últimas.

Ferramentas	Comentários
Trabalho Padrão	Trabalhos são divididos em elementos e examinados para determinar o melhor e mais seguro método para cada um
Organização no local de trabalho (conceito 5S)	Seiri (utilização), Seiton (arrumação), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalizar) e Shitsuke (disciplina)
Fábrica Visual	As informações são disponibilizadas e compreensíveis numa olhadela
POUS (Point-of-use-storage)	Localize todas as peças, matérias-primas, ferramentas e equipamentos o mais próximo possível ao ponto de utilização
Qualidade na Fonte	Dispositivos de prevenção de erros (por exemplo: Pokayoke)
Equipes	Barreiras departamentais são eliminadas e substituídas por equipes multifuncionais
Kanban	Um sistema de informação que controla (puxa) as peças necessárias, nas quantidades necessárias, no tempo necessário
Kaizen	Melhoria contínua
SMED (Single Minute Exchange of Die)	Sistema para reduzir drasticamente o tempo que se necessita para realizar as trocas de equipamentos
Fluxo Contínuo (One piece flow)	Para minimizar o trabalho em processo, os operadores se concentram em completar uma parte da operação antes de iniciar a próxima parte
Células	Colocação adequada de máquinas
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Consiste de um programa amplo de manutenção de equipamentos que abrange o ciclo de vida do equipamento e requer a participação de todos os funcionários
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	Um método de mapear visualmente a cadeia de fluxo de produção de um produto, incluindo materiais e fluxo de informações, da doca ao estoque. É preciso uma visão holística da atividade necessária (tanto em termos de valor agregado e desperdício) para movimentar um produto a partir da matéria-prima até o cliente final.
TAKT time	TAKT é a relação entre o grau de necessidade que o cliente necessita o produto e o tempo disponível para a produção do mesmo produto. TAKT tempo = (Tempo de Trabalho Disponível / Demanda Cliente) por dia.

Fonte: Adaptado de Mahapatra et al (2007)

Tabela 1 – Ferramentas Enxutas

2.4 Manufatura enxuta: cultura

A cultura enxuta é principalmente baseada na compreensão do valor do produto percebido pelos clientes e na ênfase nos processos-chaves a fim de melhorar de maneira perpetua o valor do produto final. O objetivo desta cultura é fornecer o valor perfeito aos clientes através da criação de produto ou serviço sem geração de nenhum desperdício no processo. Neste contexto, o pensamento enxuto muda o foco da gerência, que abrange a otimização das tecnologias, produtos, organograma e outros a fim de aperfeiçoar os fluxos de trabalho e serviços em toda a cadeia de valor (LIKER, 2005).

A criação de uma cultura enxuta forte em uma organização é um elemento crítico a fim de sustentar uma produção e/ou serviço enxuto. Nesse intuito, as empresas precisam de funcionários treinados, comprometidos, e confiáveis que promovam e espalhem o pensamento enxuto dentro das empresas. Uma cultura enxuta bem implementada permite aos gerentes delegar aos funcionários a implementação de melhorias contínuas em busca da excelência operacional (LIKER, 2005).

Os 14 princípios de gestão de Deming (1986) servem de base para que gestores possam criar uma cultura de melhoria contínua dentro das organizações. Os princípios do sistema Toyota de produção, como definido por Deming (1986), constituem a base filosófica para fomentar a qualidade através da concepção de sistemas que promovam fazer as coisas certas da primeira vez (doing the right things first time).

De acordo com os princípios de Deming (1986), quando a qualidade é a força motriz da cultura empresarial, a eficiência e a produtividade incrementam e os custos operacionais baixam, que por sua vez permite à organização de reduzir os preços, atrair uma maior fatia de mercado, aumentar os lucros e melhorar a satisfação ao cliente.

Como parte importante da cultura enxuta, é de extrema importância reconhecer o cliente como uma prioridade, além de enxergar o capital humano como o recurso mais importante para alcançar o nível mais elevado da qualidade através de melhorias contínuas. Esta filosofia deve ser apoiada por um sistema de gestão adequado que permite que a todos os funcionários de perseguir metas mais elevadas de qualidade, identificando os desperdícios sem ser julgado ou prejudicado, e permitindo que eles usem as ferramentas de melhoria contínua a fim de redesenhar um fluxo do valor mais eficiente e livre de desperdícios.

Os princípios de gerenciamento de Deming (1986) promovem o respeito das pessoas e o desenvolvimento humano, o que ajuda a reforçar uma cultura enxuta dentro das organizações. O desenvolvimento das pessoas é extremamente importante como um diferencial de sucesso do sistema enxuto. Numa cultura enxuta os funcionários são responsáveis por seus próprios empregos, projetar seu próprio trabalho padrão, e estão autorizados a fazer alterações para melhorar as estações de trabalho (LIKER, 2005). Em uma cultura enxuta, a qualidade é baseada sobre os pilares do respeito e desenvolvimento das pessoas que são responsáveis pela melhoria contínua.

Esta é a base para a criação de uma cultura enxuta aonde a qualidade é mais do que um resultado desejável, mas sim uma estratégia de negócios para se manterem competitivas. O sucesso desta estratégia é evidente quando se comparam as organizações em que a melhoria contínua esta presente no seu núcleo.

2.5 Manufatura enxuta: implementação

A implementação da manufatura enxuta em muitas organizações ajuda a melhorar sua produtividade e eficiência, contudo numerosas organizações não conseguiram tirar proveito da filosofia enxuta. O não-alcance dos objetivos esperados da implementação do manufatura não é devido as especificidades de certos tipos de organização, mas sim a falta de entendimento da filosofia enxuta pela diretoria, gerentes e funcionários nas organizações, assim como a falta de treinamento. (MARVEL; STANDRIDGE, 2009) (BEHROUZI; WONG, 2011).

A abordagem correta para a implementação de manufatura enxuta começa com uma análise das necessidades de negócios, oportunidades e desafios. Uma vez que estas oportunidades são identificadas, certas ferramentas enxutas serão escolhidas para resolver os problemas. Em outras palavras, os problemas vão ajudar a identificar as ferramentas enxutas a serem usadas em vez que as ferramentas sejam impostas dentro da organização.

Kovacheva (2010) identificou fatores que são considerados os mais importantes para a implementação da manufatura enxuta:

- a) Compromisso da gerência e diretoria no processo de implementação através da comunicação da visão do programa de melhorias;
- b) Mudanças na cultura organizacional;
- c) Envolvimento de todos os funcionários;
- d) Relações dentro da empresa (lobbying interno);
- e) Estratégia holística para a integração do sistema;
- f) Vontade e disposição a aprender.

Kovacheva preparou uma tabela considerando os vários conceitos de implementação de lean, para identificar os fatores mais importantes para a implementação de um sistema enxuto.

Success factors	management commitment	organization culture change	willingness to learn skills and expertise	holistic strategy for an integrated system	employees involvement	network relationships
Research papers	communicate the vision					
(Baines et al. 2006)		+				
(Crute et al. 2003)	+			+		
(Czabke, Hansen & Doolen 2008)	+	+		+	+	
(Hines, Holwe & Rich 2004)			+	+		
(Kotter 2007)	+				+	+
(Motwani 2003)	+	+	+		+	+
(Mefford 2009)	+	+			+	
(Panizzolo 1998)						+
(Pius Achanga et al. 2006)	+	+	+			

Fonte: Kovacheva (2010)

Tabela 1 – Conceitos de implementação de Lean

De acordo com Womack e Jones (1996), para se transformar em organização enxuta, uma empresa precisa de três tipos de líderes:

- 1) Alguém que está comprometido com a organização e que possa ser a âncora que vai proporcionar estabilidade e continuidade durante a transformação (tipicamente um trabalhador experiente);
- 2) Alguém com profundo conhecimento sobre as técnicas enxutas. De preferência um especialista ou alguém treinado em lean manufacturing;
- 3) Alguém que pode ser o líder que possa derrubar as barreiras organização que surgirão como resultado da mudança dramática nas operações organizacionais.

2.6 Processo contínuo

A aplicação do conceito de manufatura enxuta tem sido implementado com sucesso em diversas indústrias e com sucesso limitado em outras. As indústrias com processo contínuo diferem das manufaturas com processo de massa ou por bateladas em vários aspectos. Indústrias com processo contínuo têm pouco ou nenhum estoque em processo devido ao fato que não existe a necessidade de criar filas ou tampão de componentes ou produtos para alimentar a linha de produção ou montagem. Fransoo e Rutten (1994) caracterizaram os dois tipos de produção. Segue uma tabela resumindo-os.

Processo Contínuo	Processo em massa ou por bateladas
Alta velocidade de produção, pouco trabalho humano	Tempo de leadtime grande, muito trabalho humano no processo
Clara determinação de capacidade, uma rotina para todos os produtos, baixa flexibilidade	Capacidade não facilmente determinada (diferentes configurações, rotinas complexas)
Baixa complexidade do produto	Produtos mais complexos
Baixo valor agregado	Alto valor agregado
Tempos de parada causam grande impacto	Tempo de parada causam menor impacto
Pequeno número de etapas de produção	Grande número de etapas de produção
Número limitado de produtos	Grande número de etapas de produção

Fonte: Adaptado de Fransoo e Rutten (1994)

Tabela 1 – Processo Contínuo vs. Processo em massa ou por bateladas

2.7 Análises de estudos de caso – Processos Contínuos

Oliveira e Pinto (2008) aplicaram ferramentas enxutas numa fundição de pequeno e médio porte aonde eles conseguiram reduzir o desperdício em termos de tempo de espera e filas de espera na cadeia de produção. Com finalidade de estudar o caso, eles desenvolveram um simulado da operação da fundição baseado num mapeamento do fluxo de valor.

Khalil et al (2013) analisaram a possibilidade de implementar a filosofia enxuta em uma fábrica de cimento considerando o conceito de 7 desperdícios de Ohno (1997) assim que o desenvolvimento de um simulado baseado em uma matriz de causa-efeito. Os autores conseguiram identificar que a cimenteira possuía altas estoques em processo (WIP) no processo de moinho de cru. Através da redução dos estoques em processo do moinho de cru, os autores obtiveram um aumento da produtividade e taxa de utilização do equipamento, assim como diminuir o tempo de ciclo.

Fernandes et al (2011) estudaram a viabilidade de implementar ferramentas enxutas em uma planta piloto de um dos principais fabricantes de refratários no mercado global. Neste contexto, os autores decidiram de mapear o fluxo de valor para determinar o valor gerado pelo processo assim como os desperdícios através do conceito de sete desperdícios de Ohno (1997). Graças o mapeamento do fluxo de valor, os autores identificaram desperdícios de movimentação. Após reorganização do layout dos fornos, os autores realizaram uma redução de tempo em movimentações de 47,6%. Ademais, no artigo foi reportado que a planta logrou uma redução de custos em torno de 24,4% devido à redução de custo com energia elétrica e operacional.

De Falani e de Almeida (2012) aplicaram o sistema Toyota de produção a uma grande empresa do segmento têxtil do Rio Grande do Norte. Para implantar as técnicas e ferramentas da manufatura enxuta, os autores utilizaram o método de análise do mapeamento do fluxo. Graças ao mapeamento do fluxo de valor e aplicação de ferramentas enxutas, os autores realizaram reduções substanciais do estoque em processo, lead-time do processo e o tempo de processamento de cada lote. Ademais, os autores reportaram uma mudança mentalidade na empresa devido à implantação da cultura enxuta.

Da Silva et al (2010) aplicaram o método de benchmarking enxuto em uma indústria de aditivos químicos e impermeabilizantes. Os autores determinaram que o método de benchmarking enxuto é uma ferramenta útil para a investigação do sistema produtivo antes da implementação da filosofia de manufatura enxuta. Graças a este método, os autores identificaram que a empresa analisada não tinha condições para que um sistema de manufatura enxuta seja implementado com sucesso. Os problemas maiores identificados foram excedentes na capacidade produtiva com relação ao seu capital humano, gerando ociosidade, além um controle de estoques inadequado para a prática a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta.

Klippel, Petter e Antunes Jr (2007) verificaram a possibilidade de implantar novas formas de gerenciamento na indústria da mineração através da mistura de técnicas da manufatura enxuta e das melhoras praticas da engenharia das minas e da produção. Os autores reportaram que através da identificação de desperdícios em duas minas, foi lograda uma redução de custo substancial assim como um aumento de produtividade considerável.

3. Conclusões

A partir desta revisão bibliográfica da literatura da filosofia enxuta, processo contínuo, e estudos de caso, foi verificado que existem pesquisas relacionadas com aplicabilidade da manufatura enxuta em indústrias de processo contínuo. Contudo, podemos afirmar que a filosofia enxuta desde Henry Ford até Womack e Jones foi, sobretudo, focada para organizações com produção de bateladas ou em massa, aonde existem grandes estoques em processo e um produto de grande complexidade de fabricação.

Aplicação de ferramentas e técnicas enxutas em processos contínuos ainda esta em fase de conscientização, principalmente devido ao fato que existe pouco literatura e pesquisas sobre a filosofia enxuta no âmbito de produções contínuas. No entanto, a literatura e pesquisas científicas apontam que a aplicabilidade do pensamento e ferramentas enxutas tem um potencial enorme, visto que os estudos de caso analisados demonstram vários benefícios obtidos no quadro de produções contínuas em vários segmentos industriais.

Devido à situação econômica mundial, muitas indústrias com processo contínuo, tais como cimento, mineração, papel, etc, estão buscando soluções para reduzir custos operacionais. O autor acredita que uma implantação global e total, com ferramentas enxutas adaptadas para cada indústria, ajudaria certamente essas empresas a manterem-se competitivas, quando não estamos falando de viabilidade econômica.

Referências

- WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D.** *A Máquina que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- FORD, H.** *Today and Tomorrow*. New York: Doubleday, 1926.
- OHNO, T.** *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- MONDEN, Y.** *Sistema Toyota de Produção* São Paulo: IMAN, 1984.
- MAHAPATRA, S. S.; MOHANTY, S. R.** *Lean manufacturing in continuous process industry: An empirical study*. Journal of Scientific & Industrial Research, v. 66, p. 19-27, jan. 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D.T.** *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- LIKER, Jeffrey K.** *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- DEMING, W.E.** *Out of Crisis*. Cambridge: MIT Press, 1986.
- MARVEL, J.; STANDRIDGE, C. (2009).** *A Simulation-Enhanced Lean Design Process*. Journal of Industrial Engineering and Management. v. 2 n. 1, p. 90-113, abr. 2009
- BEHROUZI, F.; WONG, K. Y.** *An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. v. 68, n. 5-8, p. 1677-1696, set. 2013
- KOVACHEVA, A. V.** *Challenges in Lean Production: Successful transformation towards Lean enterprise*. 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Aarhus School of Business, University of Aarhus. Aarhus, 2010.
- WOMACK, J. P.; JONES, D.T.** *Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection*. Harvard business review, v. 74, n. 5, p. 140-&, set/out. 1996.
- FRANSOO, J.C.; RUTTEN, W.G.M.M.** *A typology of production control situations in process industries*. International Journal of Operations & Production Management, v. 14, n. 12, p. 47-57, 1994.
- DE OLIVEIRA, C. S.; PINTO, E.B.** *Lean Manufacturing paradigm in the foundry industry*. Estudos Tecnológicos, v. 4, n. 3, p. 218-230, set/dez. 2008.
- KHALIL, R.A.; STOCKTON, D.J.; TOURKI, T.; MUKHONGO, L.M.** *Implementation of lean in continuous Process-based Industries*. International Journal of Scientific & Engineering Research, v. 4, n. 10, out. 2013.
- FERNANDES, J. M.; PEREIRA, A. L.; DIONIZIO, A.C.; NEREU, M.R.; MARQUES, M.A.R.** *Análise da viabilidade técnica para a implantação do lean manufacturing em uma planta piloto de testes em refratários*. XXXI ENEGEP, out. 2011.
- FALANI, S.Y.A.; DE ALMEIDA, M. R.** *Aplicação do sistema Toyota de produção na indústria têxtil: uma sistematização dos benefícios e ferramentas enxutas no contexto global*. XXXII ENEGEP, out. 2012.
- DA SILVA, L.; DE AGUIAR NEVES, C. A.; TUBINO, D.F.; MERINO, E.A.D.; SELIG, P.M.** *Aplicação do método benchmarking enxuto em uma indústria de aditivos químicos e impermeabilizante do segmento da construção civil*. XXX ENEGEP, out. 2010.

KLIPPEL, A.F.; PETTER, C.O.; ANTUNES JR, J.A.V. *Lean Manufacturing implementation in mining industries.* Dyna rev.fac.nac.minas [online]. Dyna rev.fac.nac.minas [online], v. 75, n. 154, p. 81-89, jan./mar. 2008