

APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA A IMPLANTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA NA FABRICAÇÃO DE FIOS DE COBRE

APPLICATION OF VALUE STREAM MAPPING FOR IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION IN THE COPPER WIRE MANUFACTURING

Luciano Costa Santos¹; Cláudia Fabiana Gohr²; Eder Jonis dos Santos³

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa/PB – Brasil

luciano@ct.ufpb.br

²Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa/PB – Brasil

claudiagohr@ct.ufpb.br

³Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis/SC – Brasil

ederjonis@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta o mapeamento do fluxo de valor (MFV) como uma ferramenta que facilita a implementação dos princípios da produção enxuta em operações de manufatura. Com base nessa premissa, este trabalho teve o objetivo de aplicar a metodologia do mapeamento do fluxo de valor em uma fábrica de fios de cobre e de alumínio que tinha o objetivo de introduzir práticas enxutas em seu sistema de produção. Como ponto de partida, escolheu-se o processo de fabricação de fios de cobre de seção retangular, que são utilizados como componentes essenciais de transformadores elétricos de grande porte. Esta linha de produtos foi escolhida para o MFV por enfrentar um crescimento contínuo de demanda e, paralelamente, apresentar ineficiências significativas em seu processo produtivo, fato que lhe conferiu prioridade para a implantação da manufatura enxuta. Utilizando a abordagem metodológica da pesquisa-ação e o manual de aplicação do MFV proposto por Rother e Shook (2003), o processo foi mapeado em seu estado atual e projetado em seu estado futuro desejado, de forma a incorporar práticas de produção enxuta. Embora o estado futuro projetado ainda esteja em implantação e não existam indicadores para uma avaliação definitiva, os resultados preliminares já demonstram o potencial de melhoria que as práticas enxutas representam para o processo atual. Dentre os resultados mais relevantes, destacam-se a melhoria dos tempos produtivos (lead time, esperas e processamento), a redução dos níveis de estoques intermediários e a redução dos custos de transformação.

Palavras-chave: manufatura enxuta, mapeamento do fluxo de valor, análise de processos.

1. Introdução

Dentre os diferentes modelos de gestão da produção que surgiram no século XX e que permanecem em evidência no século atual, a Produção Enxuta representa, seguramente, um dos

modelos mais difundidos. A simplicidade de seus princípios, associada ao forte apelo para a eliminação de perdas nos processos produtivos, justificam, pelo menos em parte, o grande interesse da comunidade empresarial em torno do tema. No entanto, o entusiasmo inicial com os benefícios prometidos pela manufatura enxuta pode diminuir quando as empresas se deparam com a relativa escassez de metodologias práticas para sua implantação.

Contribuindo para a redução da lacuna entre teoria e prática da produção enxuta, surge o **mapeamento do fluxo de valor** (MFV) como uma ferramenta que facilita a implementação dos princípios enxutos no chão-de-fábrica. Além de representar uma técnica alternativa para o mapeamento de processos, o MFV, tal como descrito por Rother e Shook (2003), vem acompanhado de uma metodologia completa para a implantação da manufatura enxuta. Baseado no conceito de agregação de valor, o MFV ajuda a projetar um “estado futuro” que corresponde à melhoria do “estado atual” de um processo por meio da aplicação das técnicas de produção enxuta.

Para demonstrar a eficácia desta ferramenta, este artigo apresenta um caso de aplicação do mapeamento do fluxo de valor em um processo de fabricação de fios de cobre. A planta analisada pertence a um grande grupo industrial e produz fios de cobre e de alumínio, com seções transversais circulares e retangulares, destinados às diferentes unidades do grupo. Dentre os diferentes produtos da fábrica, destacam-se os fios retangulares de cobre encapados com papel eletro-isolante, utilizados em transformadores elétricos de grande porte. Esta linha de produtos vinha enfrentando o crescimento contínuo de demanda, o que gerava constantes mudanças de layout e modificava constantemente o fluxo do processo, acarretando problemas como elevados tempos de *setup* e altos estoques intermediários. O reconhecimento desses problemas e a demanda crescente chamaram a atenção da gerência para a necessidade de melhoria do processo. Por isso, pouco antes da execução deste estudo, a direção da empresa já havia decidido transferir a produção de fios encapados com papel para uma nova fábrica.

No entanto, a oportunidade de ampliação das instalações deveria ser acompanhada da melhoria do processo, de forma que os princípios da manufatura enxuta pudessem ser incorporados desde o início. Dessa oportunidade surgiu a iniciativa que gerou o principal objetivo deste trabalho: mapear o fluxo de valor na fabricação de fios retangulares de cobre encapados com papel, fazendo uma análise da situação atual e desenhando um processo melhorado para a nova fábrica.

Do ponto de vista da divisibilidade do produto e da transformação mecânica que acontece nas máquinas utilizadas, a produção de fios de cobre ocorre em processos contínuos de fabricação (laminação, trefilação e encapamento), uma vez que os resultados do sistema de manufatura não são dados em “produtos discretos”, medidos em peças ou unidades. Em geral, os *outputs* da produção de fios são medidos em metros ou kilogramas. Porém, de acordo com a natureza do fluxo global do processo (aquilo que de fato interessa para o MFV), a fabricação de fios ocorre de maneira

intermitente, em que os lotes em processamento se acumulam em estoques intermediários entre os centros de trabalho.

A peculiaridade de ter fluxo contínuo nas máquinas e fluxo global intermitente fez com que a aplicação do mapeamento do fluxo de valor no processo em estudo tivesse que sofrer algumas adaptações em relação ao modo tradicional que a ferramenta é apresentada. Essas adaptações, por si só, ressaltam uma das contribuições deste trabalho, além de demonstrar que o MFV tem um amplo leque de aplicações e pode ser utilizado em diferentes setores industriais.

A estrutura do texto apresentado inclui uma breve revisão de literatura sobre a filosofia da produção enxuta e sobre o mapeamento do fluxo de valor e suas aplicações. Posteriormente, são relatados os procedimentos metodológicos que nortearam a coleta e a análise de dados, incluindo a descrição das etapas da metodologia do MFV. Em seguida, é apresentada a aplicação da ferramenta no processo de fabricação de fios retangulares de cobre, que é o objeto de análise da pesquisa. O texto é encerrado com as considerações finais sobre o trabalho realizado.

2. Produção enxuta

O termo “produção enxuta” foi disseminado por Womack, Jones e Roos (1992), após relatarem os resultados de um amplo estudo na indústria automobilística mundial (*International Motor Vehicle Program - IMVP*) que identificou diferenças significativas de produtividade entre as empresas japonesas e as empresas ocidentais. Os autores observaram que, na verdade, essas diferenças não eram resultantes apenas de uma técnica específica de gestão de operações, mas de um sistema integrado de princípios e técnicas que vieram receber a impactante denominação de **Produção Enxuta**.

O grande interesse em torno dos princípios da produção enxuta fez com que essa filosofia fosse aplicada em diferentes organizações ao redor do mundo. A difusão desses conceitos foi tão ampla que a literatura acadêmica já apresenta experiências de aplicações da produção enxuta em operações de serviços (PIERCY; RICH, 2009) e também de forma coordenada com outros modelos de gestão, tais como o Seis Sigma (KUMAR *et al.*, 2006) e a Manufatura Ágil (KRISHNAMURTHY; YAUCH, 2007).

Embora seus defensores frequentemente a apresentem como uma teoria recente, Holweg (2007) reconhece, analisando sob uma perspectiva histórica, que a filosofia da produção enxuta já estava presente na indústria japonesa muitos anos antes de sua disseminação no ocidente, tomando forma por meio do modelo de gestão que Ohno (1997) e Shingo (1996) denominaram de Sistema Toyota de Produção. Como se pode observar no trabalho desses autores, um dos pilares que sustentam o Sistema Toyota de Produção é o esforço contínuo para a eliminação de perdas nos processos produtivos. Seguindo essa lógica, Ohno (1997) e Shingo (1996) classificaram os

diferentes tipos de perdas em sete categorias: perdas por superprodução, perdas por transporte, perdas no processamento, perdas por fabricação de produtos defeituosos, perdas por estoques, perdas por movimentação e perdas por espera.

Os sete tipos de perdas classificados por Ohno (1997) e Shingo (1996) deram origem a vários trabalhos que focalizaram a redução de perdas como uma meta da produção enxuta. Rawabdeh (2005), por exemplo, desenvolveu um método de análise de perdas que identifica causas e sinaliza oportunidades de eliminação de desperdícios em sistemas de produção do tipo *job shop*. Já Rong, Takahashi e Wang (2003) propuseram um método mais sofisticado de avaliação de perdas, utilizando o processo analítico-hierárquico (AHP) e a lógica *fuzzy* como ferramentas de suporte.

Embora a redução de perdas esteja no cerne da produção enxuta, ela de fato representa uma consequência da implantação de um conjunto mais amplo de princípios e técnicas. De acordo com a definição proposta por Shah e Ward (2007, p. 791): “A produção enxuta é um sistema sócio-técnico integrado, cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios por meio da redução ou da minimização simultânea da variabilidade de processos internos, de fornecedores e de clientes”. Nesse sentido, é importante que as empresas utilizem metodologias e ferramentas que permitam a implantação de práticas enxutas de forma integrada.

O mapeamento do fluxo de valor, apresentado na próxima seção, fornece um ponto de partida para a integração de técnicas que é necessária para a implantação de um sistema de produção enxuta.

3. Mapeamento do fluxo de valor

Do esforço de redução de perdas preconizado pela produção enxuta, surge o conceito de agregação de valor e, conseqüentemente, a necessidade de separar as atividades que agregam valor das atividades que não agregam valor. Com base na premissa de que o fluxo de valor é representado pelo conjunto de ações existentes no processo produtivo que (agregando valor ou não) são responsáveis por levar o produto até o cliente, Rother e Shook (2003) apresentam o **mapeamento do fluxo de valor** (MFV) como uma ferramenta que dá suporte à estruturação de um sistema de produção enxuta.

De fato, o MFV é mais abrangente que uma técnica comum de mapeamento de processos, com procedimentos definidos e simbologia própria, mas representa uma metodologia de referência para a implantação da produção enxuta. Com esse objetivo, o MFV se preocupa em mapear os fluxos de materiais e de informações de um processo ou de uma cadeia de valor, descrevendo o estado atual do processo e orientando a obtenção de um estado futuro que inclui a adoção de práticas de produção enxuta.

Uma das vantagens defendidas por Rother e Shook (2003) é que o MFV reúne várias

técnicas enxutas em torno de uma linguagem comum e, por isso, evita que a implantação da manufatura enxuta ocorra por meio de ferramentas isoladas que, sozinhas, têm um potencial limitado de melhoria do fluxo de valor. A simbologia do MFV foi desenvolvida de modo a facilitar a identificação dos desperdícios e suas fontes, o que reforça a sua contribuição para atingir as metas permanentes da produção enxuta.

Devido à sua versatilidade de aplicações, o mapeamento do fluxo de valor não está restrito à análise de um processo industrial dentro de uma unidade fabril. Jones e Womack (2004) sugerem a aplicação da ferramenta para a análise do que eles denominam de fluxo de valor estendido. Para isso, os autores apresentam um manual completo de aplicação do MFV em cadeias de suprimentos, orientado para descrever o fluxo de valor desde a matéria-prima até o consumidor final. Trabalhos como os de Seth, Seth e Goel (2008) e de Wee e Wu (2009) comprovam a completa aplicabilidade do MFV em cadeias de suprimentos.

Além da aplicação na cadeia de suprimentos, o mapeamento do fluxo de valor também pode ser utilizado com algumas adaptações em outros tipos de processos. Salgado *et al.* (2009), por exemplo, aplicaram o MFV para a identificação de desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos. Já Lummus, Vokurka e Rodeghiero (2006) utilizaram a técnica em operações de serviços, em uma iniciativa para a melhoria da qualidade em uma clínica médica.

Com uma abordagem inovadora e não trivial, Braglia, Carmignani e Zammori (2006) adaptaram o mapeamento do fluxo de valor para sistemas de produção complexos, com processos não-lineares, estruturas de produto complexas, baixo volume e alta variedade de produção. Fazendo a ressalva de que o MFV foi concebido para processos mais simples, com fluxos lineares e alta repetitividade, esses autores integraram outras ferramentas típicas da Engenharia Industrial à metodologia tradicional do MFV e validaram sua proposta em uma fábrica de refrigeradores.

Alegando que a abordagem da produção enxuta tem sido aplicada com mais frequência em manufatura discreta do que em processos contínuos, Abdulmalek e Rajgopal (2007) contribuíram com a aplicação do MFV em uma usina siderúrgica, que utiliza predominantemente processos contínuos. Esses autores desmitificaram a noção equivocada de que o MFV e outras ferramentas da manufatura enxuta somente são aplicáveis em processos discretos. Para obter uma melhor avaliação dos potenciais benefícios da implantação, Abdulmalek e Rajgopal (2007) ainda desenvolveram um modelo de simulação para ajudar a projetar o estado futuro do processo analisado.

Embora a eficácia do MFV seja comprovada do ponto de vista técnico, Lasa, Laburu e Vila (2008) chamam a atenção para os aspectos organizacionais que devem ser levados em consideração na condução do processo de aplicação da ferramenta. Segundo os autores, fatores como formação e treinamento da equipe, comprometimento da direção da empresa e gestão de tempo e recursos dedicados ao projeto são essenciais para que se tenham bons resultados com a utilização do MFV.

A recomendação geral que se obtém da literatura é que a metodologia de aplicação do MFV deve ser claramente entendida pelos responsáveis pelo mapeamento. Nesse sentido, a próxima seção procura sintetizar os procedimentos metodológicos da pesquisa, que usa o modelo descrito por Rother e Shook (2003) como instrumento de análise.

4. Procedimentos metodológicos

Para a elaboração do mapeamento do fluxo de valor, Rother e Shook (2003) desenvolveram um manual prático para uso empresarial que estabelece uma sequência lógica de etapas. Embora não tenha um caráter acadêmico, em termos de linguagem e fundamentação teórica, o manual de Rother e Shook (2003) tem servido de roteiro para a coleta e a análise de dados em pesquisas acadêmicas, como se pode observar, por exemplo, nos trabalhos de Abdulmalek e Rajgopal (2007), Lian e Van Landeghem (2007), Singh e Sharma (2009) e Braglia, Carmignani e Zammori (2006). No caso desta pesquisa, o manual de Rother e Shook (2003) também serviu como instrumento referencial para coleta e análise de dados.

A metodologia de mapeamento do fluxo de valor é composta por quatro etapas básicas: (1) seleção de uma família de produtos, (2) mapeamento do estado atual, (3) mapeamento do estado futuro, (4) plano de trabalho e implementação. Neste trabalho foram empreendidas todas as quatro etapas, cuja aplicação é descrita na próxima seção do texto.

A **seleção de uma família de produtos** é necessária quando uma empresa possui diferentes fluxos de valor em relação a seu mix total de produtos. A formação de famílias utiliza o critério de similaridade de processos para agrupar produtos que passam por etapas de processamento semelhantes. Nessa análise pode-se utilizar uma matriz análoga à clássica matriz peça/máquina sugerida pela teoria da tecnologia de grupo (BURBIDGE, 1996).

Após a formação de grupos de produtos, escolhe-se a família mais relevante para iniciar o **mapeamento do estado atual**. O mapa do estado atual (e também o mapa futuro) utiliza uma simbologia específica, que é caracterizada por ícones do fluxo de materiais, ícones do fluxo de informação e ícones gerais (expostos nos quadros 1 e 2).

O mapa do estado atual é elaborado para que se obtenha uma visão global do fluxo de valor e dos desperdícios a ele associados. Para isso, é possível criar novos ícones ou adaptar a forma original de registro dos dados sugerida por Rother e Shook (2003), de modo que o fluxo de valor e seus pontos de melhoria sejam perceptíveis e adequados a diferentes situações. Nesta pesquisa algumas adaptações foram feitas em relação ao registro de dados no mapa. Essas adaptações são relatadas na próxima seção do artigo, concomitantemente à descrição da aplicação do MFV na empresa.

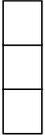
Quadro 1 – Ícones de materiais e de informação

Ícones do Fluxo de Materiais			Ícones do Fluxo de Informação		
Símbolo	Nome	Função	Símbolo	Nome	Função
	Processo	Demonstrar os processos existentes.		Fluxo de informação manual	Indicar o fluxo de informação manual.
	Fontes externas	Representar clientes e fornecedores.		Fluxo de informação eletrônica	Indicar o fluxo de informação eletrônica.
	Caixa de dados	Registrar os dados de um processo.		Informação	Descrever um fluxo de informação.
	Estoque	Demonstrar a quantidade e o tempo de cobertura de estoque.		Kanban de produção	Dar permissão a um processo de quanto e o que produzir.
	Entregas	Indicar a frequência das entregas.		Kanban de retirada	Dar permissão de quanto e o que pode ser retirado.
	Movimento de material empurrado	Representar o movimento de materiais na produção empurrada.		Kanban de sinalização	Indicar quando o ponto de reposição é alcançado em kanbans por lote.
	Movimento de produtos acabados e de matéria-prima	Representar o movimento de materiais do fornecedor ou para o cliente.		Bola para puxada sequenciada	Dar permissão para produzir uma quantidade de tipos pré-determinados (sistema sem supermercados).
	Supermercado	Representar um estoque controlado de peças usado para puxar a produção.		Posto de kanban	Representar o local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.
	Retirada	Indicar materiais sendo puxados, geralmente de um supermercado.		Kanban em lotes	Representar o kanban chegando em lotes.
	Fluxo sequencial (primeiro a entrar, primeiro a sair)	Representar a transferência sequencial de quantidades controladas.		Nivelamento de carga	Identificar o procedimento para nivelar o mix e o volume de kanbans (heijunka).
	Linha do tempo	Registrar o lead time de produção e os tempos de processamento.		Verificar (programação "vá ver")	Indicar a necessidade de verificar os níveis de estoque para ajustar a programação.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

Quadro 2 – Ícones gerais

Ícones Gerais		
Símbolo	Nome	Função

	Necessidade de melhoria (<i>kaizen</i>)	Indicar a necessidade de melhoria em processos específicos para se atingir o fluxo desejado.
	Estoque de segurança ou pulmão	Identificar possíveis estoques de segurança.
	Operador	Representar um operador no seu local de trabalho.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

O **mapeamento do estado futuro** sucede a elaboração do mapa atual e incorpora as oportunidades de melhoria identificadas na etapa anterior. Para guiar a construção do mapa futuro e implantar práticas de produção enxuta, Rother e Shook (2003) sugerem uma lista de oito questões, apresentadas a seguir.

Questão 1. Qual é o *takt time*? O *takt time* corresponde ao tempo disponível de trabalho em um determinado período dividido pela demanda nesse período. O *takt time* é responsável pela sincronização do ritmo de produção com o ritmo de demanda, determinado pelas necessidades dos clientes. Quando os produtos são agrupados por contenedores padronizados (o tamanho do lote no sistema kanban), é determinado um segundo indicador chamado de tempo de “*pitch*”, que é o equivalente ao *takt time* do contenedor padrão.

Questão 2. O produto será fabricado para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição? Produzir para um supermercado significa produzir para um estoque pré-determinado e controlado, sendo que o produto somente será fabricado novamente quando o supermercado necessitar de reposição (sistema kanban). Produzir diretamente para a expedição exige um fluxo de pedidos totalmente sincronizado com a entrega, de modo que não sejam formados altos níveis de estoque.

Questão 3. Onde se pode usar fluxo contínuo? É atingido o fluxo contínuo quando se consegue produzir uma peça de cada vez, com cada item passando imediatamente de um estágio para o seguinte, sem nenhuma parada entre eles. Quando dois processos são transformados em fluxo contínuo, duas caixas de processo (ícones do MFV) passam a ser representados por uma.

Questão 4. Onde será necessário usar o sistema puxado com supermercado? Quando o fluxo contínuo não for possível, pode-se utilizar o sistema de supermercado com fluxo puxado via kanban. De modo alternativo, pode-se aplicar um sistema FIFO (*first in, first out*) entre dois processos, substituindo os supermercados por um fluxo controlado por meio de um armazém que limite a quantidade de estoque no processo seguinte.

Questão 5. Em qual ponto da cadeia a produção deve ser programada? Sempre que possível, deve-se enviar a programação de ordens de produção para um único ponto do processo

produtivo (processo puxador) localizado, preferencialmente, no final da linha.

Questão 6. Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador? Dentro da lógica *heijunka*, preconizada pelo sistema *just-in-time* de programação, recomenda-se distribuir uniformemente o *mix* de produtos em ordens de produção niveladas, de maneira que se possa reduzir *lead time* e estoques intermediários.

Questão 7. Qual incremento uniforme de trabalho será liberado para o processo puxador? Nesse caso, sugere-se nivelar o volume de produção por meio da determinação da quantidade padrão de um contenedor e do tempo de *pitch* adequado.

Questão 8. Quais melhorias de processo serão necessárias para atingir o estado futuro? Ao responder esta pergunta, a equipe do MFV fará uso da lógica de melhoria contínua (*kaizen*) para identificar os pontos do processo que devem ser aperfeiçoados para viabilizar o estado futuro planejado.

Após a realização do mapa do estado futuro, é necessário criar um **plano de trabalho e implementação** para que o estado futuro possa ser, de fato, atingido. A metodologia do MFV prevê a criação de planos de trabalho que seguem um procedimento semelhante ao usado em planos de ação feitos com a ferramenta 5W1H, muito utilizada em programas de gestão da qualidade. Além disso, para facilitar a implementação, Rother e Shook (2003) sugerem dividir o mapa do estado futuro em partes do fluxo mapeado que eles denominam de “*loops* do fluxo de valor”. Dessa maneira, a implantação seria dada por etapas ordenadas de acordo com a prioridade de cada *loop*.

Geralmente, as pesquisas acadêmicas que descrevem aplicações do MFV são desenvolvidas segundo a abordagem da pesquisa-ação ou segundo a abordagem do estudo de caso. Na pesquisa-ação o pesquisador intervém na realidade organizacional e envolve o objeto pesquisado para o alcance dos objetivos da pesquisa (EDEN; HUXHAM, 1996; COUGHLAN; COUGHLAN, 2002), o que naturalmente acontece quando os responsáveis pelo MFV já fazem parte do ambiente pesquisado ou estabelecem uma equipe para a intervenção na empresa. Já no estudo de caso, o pesquisador investiga com profundidade um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, mas não interfere no objeto pesquisado (YIN, 1994), o que normalmente acontece quando o pesquisador se limita a descrever o MFV que foi realizado, sem que ele tenha necessariamente participado.

Nesta pesquisa, foi adotada a abordagem da pesquisa-ação, pois um dos participantes da equipe exercia a função que Rother e Shook (2003) denominam de “gerente do fluxo de valor”, isto é, o principal responsável pelo processo global e, conseqüentemente, pela intervenção organizacional.

A unidade de análise utilizada para a pesquisa de campo foi o próprio processo de fabricação de fios retangulares de cobre encapados com papel, mapeado do fornecedor até o cliente, incluindo

os fluxos de materiais e de informações. Embora o MFV possa ser aplicado em diferentes níveis, desde o processo individual até a cadeia de suprimentos, este estudo adota o nível de mapeamento de planta única (“porta-a-porta”), de acordo com a definição de Rother e Shook (2003).

Para a coleta de dados primários foram realizadas entrevistas informais com as pessoas que participam do processo de fabricação e com os responsáveis pelo fluxo de informação. Além disso, foram coletados dados secundários por meio da análise documental em relatórios gerenciais que apresentavam dados de produção e demanda.

A seguir, é apresentada a aplicação do MFV no processo de fabricação de fios retangulares de cobre da empresa pesquisada.

5. Aplicação do MFV

O processo produtivo analisado pertence ao Departamento de Fabricação de Fios da empresa, responsável pela produção de fios de cobre e de alumínio, com seções transversais circulares e retangulares, fornecidos para todas as unidades do grupo industrial. Devido a um acordo de sigilo, foi decidido que o nome da empresa não seria divulgado neste artigo e todos os dados que pudessem identificar a organização seriam omitidos.

Atualmente a fábrica produz em torno de 1.660 toneladas de fios/mês, sendo 1.273 toneladas em fio circular e 387 toneladas em fio retangular. A produção do fio retangular é dividida nos seguintes tipos de produtos:

- fio de cobre esmaltado: 22 ton./mês;
- fio de cobre esmaltado e encapado com mica: 40 ton./mês;
- fio de cobre encapado com mica: 65 ton./mês;
- fio de cobre esmaltado e encapado com fibra de vidro: 25 ton./mês;
- fio de cobre nu: 19 ton./mês;
- fio de cobre encapado com papel: 216 ton./mês.

Neste estudo foram abordados especificamente os fios retangulares encapados com papel e que são enviados para a Divisão de Transformadores da empresa. Os demais produtos são enviados para outra divisão da empresa, portanto, outro cliente.

5.1 Seleção de uma família de produtos

Em função das dimensões de sua seção transversal e dos processos de fabricação empregados, os fios retangulares possuem uma ampla variedade de modelos, que atinge o total de 153 itens. No entanto, analisando a distribuição total dos itens, pode-se concluir que existem basicamente três famílias:

- família 1: fio de cobre trefilado (vergalhão), laminado e encapado;
- família 2: fio de cobre laminado, trefilado (retangular) e encapado;
- família 3: fio de cobre laminado e encapado.

Como mostra o quadro 3, as três famílias foram formadas pelo agrupamento de itens que possuem etapas de fabricação em comum.

Quadro 3 – Matriz produto X processo

		ETAPAS DE FABRICAÇÃO			
		Trefilação de Vergalhão	Laminação	Trefilação Retangular	Encapamento
PRODUTOS	FAMÍLIA 1 34 Itens (13,5% da demanda)	X	X		X
	FAMÍLIA 2 33 Itens (40% da demanda)		X	X	X
	FAMÍLIA 3 86 Itens (46,5% da demanda)		X		X

Fonte: Elaborado pelos autores

Fazendo uma análise da importância das famílias do ponto de vista do faturamento, do volume e da variedade de itens produzidos, observa-se que:

- A família 1 apresenta uma variedade de itens praticamente igual ao da família 2, mas com um volume de produção bem menor, representando apenas 13,50% da demanda total;
- A família 2 apresenta um volume de produção de 40% da demanda total, mesmo com uma menor variedade de itens produzidos (21,6% do *mix* total). Esta família representa 42,8% do faturamento total dos fios retangulares encapados com papel;
- A família 3 precisa produzir 56,2% da variedade total de itens para alcançar o mesmo faturamento e um volume semelhante ao da família 2.

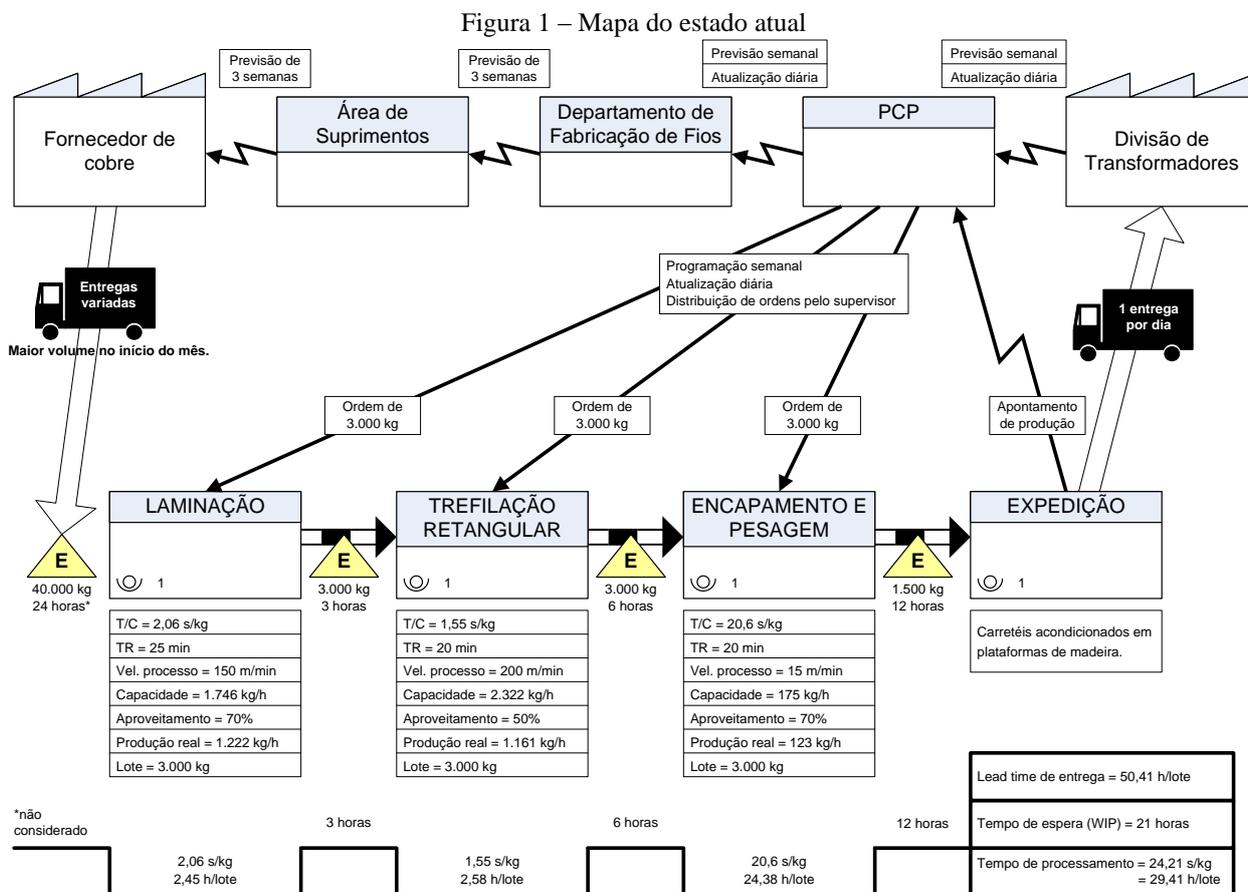
Considerando essas informações, alguns argumentos justificaram a escolha da família 2 para o mapeamento do fluxo de valor:

- O processo de trefilação retangular era uma solicitação do cliente, que exigia um padrão superior de qualidade nos raios dos fios para determinados itens. O volume de itens que passavam por esse processo tinha aumentado consideravelmente, sinalizando uma tendência de que esta exigência de qualidade se estendesse para todos os fios retangulares encapados com papel;
- Os processos da família 2 englobavam os processos da família 3, sendo assim, a melhoria no fluxo de valor da família 2 abrangeria o fluxo de valor de 86,50% (volume somado das duas famílias) de toda a produção de fios retangulares encapados com papel;
- Além de ter uma participação significativa no faturamento, a família 2 apresentava um maior volume médio de produção por item.

Devido à variabilidade nos dados dos itens da família 2, foi escolhido o produto com a maior demanda dessa família para se fazer o acompanhamento da produção e o mapeamento do fluxo de valor. Trata-se de um item que possui seção transversal de 10,90 mm x 2,00 mm, tensão de escoamento de 120 N/mm² e é encapado com um papel de espessura de 0,72 mm. Para esta pesquisa, a escolha de um único item foi importante para que os dados coletados do processo fossem uniformes e pudessem formar uma única base de comparação. Porém, por se tratar de uma família de produtos com características similares, pode-se considerar que os resultados da análise são válidos para toda a família selecionada.

5.2 Mapa do estado atual

Como mostra o mapa do estado atual na figura 1, o processo se inicia com a demanda enviada pelo cliente (Divisão de Transformadores) para o Departamento de PCP (Planejamento e Controle da Produção). Essa demanda é enviada uma vez por semana e no restante da semana são feitas atualizações diárias. Após liberadas as ordens de fabricação pelo PCP, o supervisor de produção coloca as mesmas nas respectivas máquinas e acompanha a produção de forma que cada etapa do processo consiga atender às datas programadas.



Fonte: Elaborado pelos autores

No fluxo de informação destaca-se a maneira pela qual a necessidade de matéria-prima

chega para a Área de Suprimentos da empresa. Devido à compra de cobre ser destinada tanto para a fabricação de fios retangulares quanto para a fabricação de fios circulares, faz-se necessário que o gerente do Departamento de Fabricação de Fios analise as duas demandas em conjunto e acompanhe sua evolução para a tomada de decisão. Dessa maneira, o gerente do departamento atua como um intermediário, filtrando a informação do PCP para a Área de Suprimentos, que é responsável por fazer o pedido de matéria-prima.

O fluxo de materiais começa no estoque de matéria-prima, que é composto de vergalhões de cobre de 8, 10 ou 11 mm. Esses vergalhões são entregues pelo fornecedor de cobre, que faz entregas variadas, sem uma frequência definida previamente.

O primeiro processo de fabricação é a laminação, que consiste em dar formas retangulares ao vergalhão de cobre de seção circular. Após a laminação, o fio é bobinado em carretéis de aço com capacidade de até 500 kg e enviado posteriormente para os trilhos de armazenamento, onde ficam até passar para o processo seguinte.

O segundo processo é a trefilação do fio laminado. Esse processo consiste em passar o fio por uma ferramenta denominada “fieira” que tem a função de conferir uma precisão dimensional ao fio, melhorando seu acabamento superficial. Após trefilados, os carretéis voltam para os trilhos de armazenamento.

O terceiro e último processo de fabricação é o encapamento do fio de cobre com papel. Esse processo consiste em recozer e envolver o fio de cobre com camadas de papel eletro-isolante. Existem nove máquinas encapadoras disponíveis no departamento, no entanto, a coleta de dados para o mapeamento do fluxo de valor utilizou apenas uma máquina encapadora, o que já é suficiente para a análise, considerando que não existem diferenças significativas entre essas máquinas. Depois de encapado, o fio é bobinado em carretéis que variam de 10 a 400 kg e é colocado em plataformas para embarque. Por fim, o produto é enviado da expedição para o cliente em entregas diárias.

Para a execução do mapa do estado atual, foi levantada a quantidade agregada do estoque inicial de vergalhões de cobre para todos os produtos que utilizam esta matéria-prima. Por esse motivo, a cobertura do estoque de matéria-prima não foi considerada para o cálculo do *lead time* de entrega, uma vez que a ampla disponibilidade deste material também incluía outras famílias de produtos.

Como a laminação, a trefilação e o encapamento são processos contínuos de fabricação (do ponto de vista da manufatura mecânica), foi necessário estabelecer uma unidade padrão para o mapeamento do fluxo de valor. Inicialmente, foi considerada a alternativa de escolher as bobinas (carretéis de fio) como unidades de produção. Porém, como não existe um tamanho padrão de bobina (o que viabilizaria a definição de um tempo de *pitch*, na nomenclatura do MFV), essa

alternativa foi descartada. Portanto, foi definido que os dados coletados seriam correspondentes à fabricação de um lote de 3.000 kg do item selecionado da família 2.

As informações nas caixas de dados dos processos também foram adaptadas à realidade dos processos contínuos. O tempo de ciclo (T/C) foi determinado em segundos por quilograma (e não em segundos por unidade, como é de costume) e foi introduzida a medida de velocidade do processo em metros de fio por minuto.

A linha do tempo na parte inferior do mapa (figura 1) também foi adaptada em relação à proposta original de Rother e Shook (2003). Os tempos de processamento foram computados em segundos por quilograma (s/kg) e em horas por lote de 3000 kg (h/lote). O *lead time* foi determinado em relação ao tempo total para entrega, somando os tempos de espera dos estoques em processo (*work in process* - WIP) com os tempos de processamento.

O sistema de produção no estado atual caracteriza-se por produzir sob encomenda e de forma empurrada, ou seja, o PCP envia as ordens de produção para os postos de trabalho que produzem e “empurram” a produção para os processos subsequentes, cada qual tentando obedecer às datas programadas. Durante o estudo, foi identificada uma série de problemas acarretados pela programação empurrada:

- A laminação produz sem saber se a trefilação tem a ferramenta (fieira) para executar o processo. Caso a ferramenta seja uma fieira especial, o fio fica aguardando dias no estoque, ocasionando uma produção desnecessária para o momento;

- Os lotes não têm tamanho limitado e a laminação pode produzir, de uma única vez, até 5.000 kg do mesmo item, ocasionando superprodução;

- Devido à dificuldade de preparação da máquina laminadora, o operador fabrica a sequência de ordens de fabricação que consome menos tempo de *setup*, não obedecendo às datas estipuladas nas ordens;

- As máquinas encapadoras possuem características particulares em relação aos fios que podem ser encapados em cada uma delas, como por exemplo, a espessura do papel aplicado. No sistema atual corre-se o risco de o laminador produzir uma quantidade de fios com uma única característica, ocasionando parada das demais máquinas, ou seja, mesmo com uma grande quantidade de fio no estoque, uma encapadora poderá ficar parada por falta de fio.

Os problemas identificados no mapa atual alertaram para a necessidade de se construir um estado futuro que pudesse melhorar o fluxo de valor e minimizar as perdas no processo.

5.3 Mapa do estado futuro

Para a construção do mapa do estado futuro, foram analisadas as questões apresentadas na seção 4. Nessa análise, adotou-se a premissa de que o estado futuro já seria implantado na nova fábrica de fios que a empresa iria instalar.

Questão 1. Qual é o *takt time*? O *takt time* foi calculado tomando-se como base o processo de encapamento e uma demanda projetada de 3.700 kg/dia para a nova fábrica. Considerando o tempo disponível e a demanda diária, obteve-se o *takt time* de 15,46 s/kg. Para atingir a meta de produção, foi calculada a velocidade média de processamento de 20 m/min. O estado atual do processo de encapamento apresenta um *takt time* maior e uma velocidade menor. Porém, com melhorias simples nos métodos de preparação de máquina, o tempo de *setup* (TR) pode ser reduzido e a velocidade média de processamento poderá ser facilmente alcançada.

Questão 2. O produto será fabricado para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição? Foi definido que a produção para a expedição continuará com fluxo empurrado do encapamento, sem a utilização de supermercados do sistema kanban. Os fios são produzidos somente sob encomenda e podem ser entregues sem que o lote seja concluído. O procedimento que mudará no estado futuro é que serão realizadas duas entregas de fio por dia, uma às 9:00h e outra às 12:00h, sendo que na última entrega o estoque da expedição deverá ser esvaziado.

Questão 3. Onde se pode usar fluxo contínuo? Analisando o fluxo atual, constata-se que o processo de trefilação existe para proporcionar uma melhor qualidade dimensional e superficial ao fio de cobre, em uma especificação que o equipamento de laminação atual não consegue garantir. Devido ao aumento da demanda e à realocação da fábrica, a empresa iniciou o projeto de uma nova laminadora que possui uma maior capacidade de produção e confere um melhor acabamento, que dispensa o processo de trefilação. Com a eliminação desse processo, cria-se um fluxo contínuo de produção em relação aos dois processos (laminação e trefilação) no estado atual.

Questão 4. Onde será necessário usar o sistema puxado com supermercado? Com a retirada do processo de trefilação, restariam apenas dois processos (laminação e encapamento). Entre a laminação e o encapamento não será utilizado um supermercado, mas sim, um armazém no sistema FIFO limitado na quantidade máxima de 3.000 kg.

Questão 5. Em qual ponto da cadeia a produção deve ser programada? A produção continuará obedecendo as datas previstas de entrega de fios encapados. O encapamento será o processo puxador e ditará o ritmo da laminação, que é o processo precedente.

Questão 6. Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador? Como se tratam de processos contínuos, a questão do nivelamento de *mix* foi tratada de um modo diferente do usual. De acordo com as características técnicas do processo, a laminação tem uma velocidade de processamento muito superior à do encapamento e, por isso, uma máquina laminadora tem

capacidade para alimentar nove máquinas encapadoras. Dessa forma, o nivelamento do *mix* de produção pode ocorrer com a operação simultânea das encapadoras, cada uma produzindo um item diferente. A redução dos estoques intermediários, normalmente conseguida com o nivelamento, já pode ser obtida com a programação puxada com armazéns FIFO no encapamento.

Questão 7. Qual incremento uniforme de trabalho será liberado para o processo puxador? Como nos processos contínuos não existe a possibilidade de utilizar contenedores padronizados, foi verificada a alternativa de estabelecer um peso padrão para as bobinas de fio. No entanto, como as bitolas dos fios mudam com frequência, o peso padronizado das bobinas deveria mudar de acordo com o produto. Isso seria impraticável para a variedade atual de produtos, pelo menos nessa primeira fase do mapeamento do estado futuro.

Questão 8. Quais melhorias de processo serão necessárias para atingir o estado futuro? Para atingir o estado futuro, foi feito um estudo para a redução das sete perdas dos processos produtivos, classificadas por Ohno (1997) e Shingo (1996). Esse estudo foi direcionado para as perdas que ainda não tinham sido eliminadas ao seguir o roteiro das sete questões anteriores. O quadro 4 apresenta as sugestões de melhoria para as perdas identificadas.

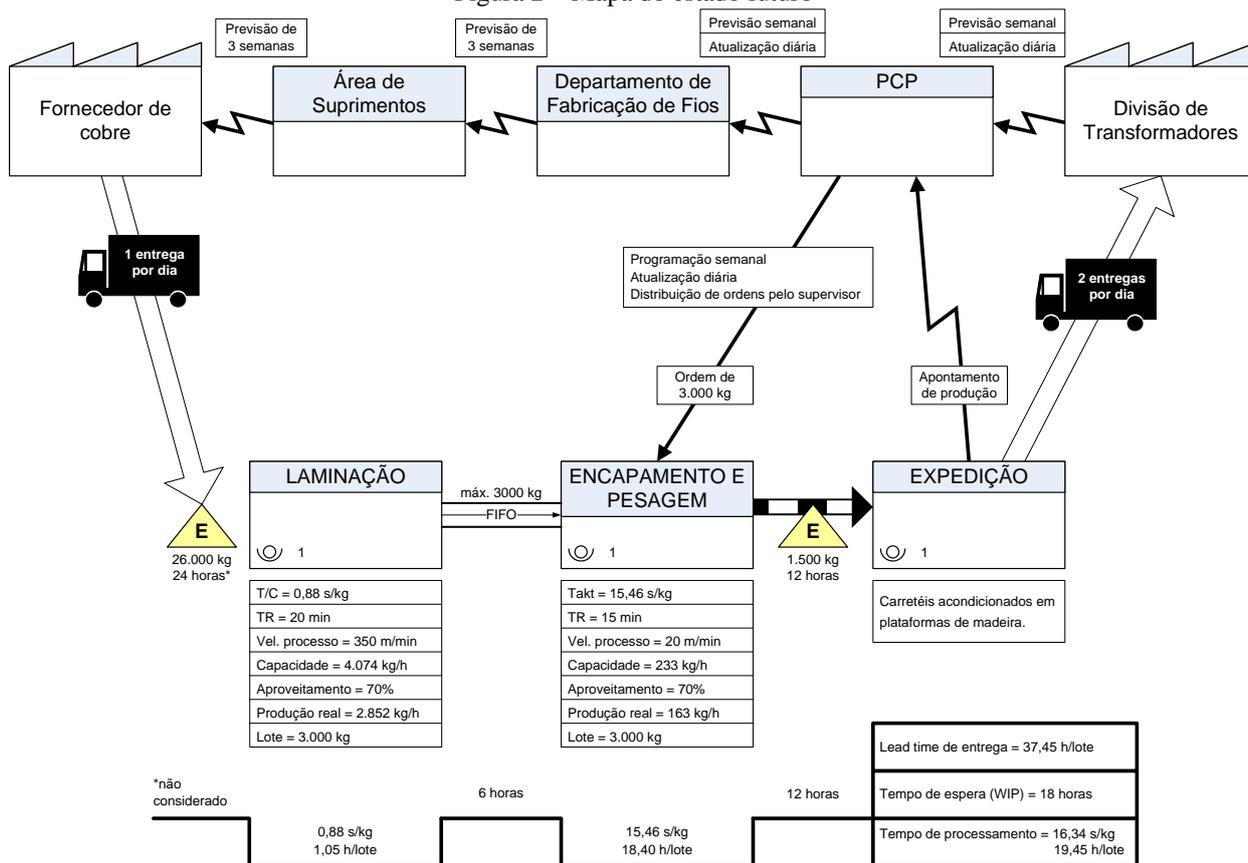
Quadro 4 – Análise de perdas e proposições de melhoria

Tipo de perda	Melhoria proposta
Perdas por superprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Padronização e estabelecimento de critérios para a definição da quantidade adicional de fio destinado à preparação das máquinas encapadoras, de modo que o <i>setup</i> consuma exatamente a quantidade de fio necessária.
Perdas por transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação da área geral de estocagem de fio laminado com a implantação de um armazém individual para cada máquina encapadora, reduzindo os transportes adicionais entre o estoque geral e a máquina. • Implantação de talhas equipadas com balanças nos bobinadores das encapadoras, eliminando o transporte do fio encapado para a pesagem, que passa a ser feita durante o transporte.
Perdas no processamento	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de lixadeiras elétricas para reduzir o tempo de preparação do fio na atividade de solda. • Implantação de um sistema de umedecimento por ar comprimido e água para agilizar o <i>setup</i> de troca de fita na máquina encapadora. • Implantação de um sistema porta-fita reserva evitando paradas não planejadas para manutenção corretiva.
Perdas por fabricação de produtos defeituosos	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de rotinas para a avaliação do acabamento superficial dos fios. • Instalação de um sistema de medição a laser para controle dimensional automático na nova máquina laminadora.
Perdas por estoques	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação dos estoques intermediários entre a laminação e a trefilação, já que o último processo não existirá mais.
Perdas por movimentação	<ul style="list-style-type: none"> • Reorganização do layout, melhorando o acesso das máquinas de solda aos locais de uso e reduzindo a movimentação dos operadores nesta atividade.
Perdas por espera	<ul style="list-style-type: none"> • A eliminação do processo de trefilação e a definição do encapamento como processo puxador permitirá uma melhor sincronização da produção e reduzirá os tempos de espera no processo.

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a análise das questões acima, foi elaborado o mapa do estado futuro, tal como mostra a figura 2.

Figura 2 – Mapa do estado futuro



Fonte: Elaborado pelos autores

O sistema de produção futuro continuará produzindo sob encomenda, mas de forma puxada, sendo que o encapamento puxará a produção da laminadora. A expedição continuará a receber o fio de forma empurrada, mas sem acúmulo de estoque já que os embarques ocorrerão duas vezes por dia e o estoque final será esvaziado na última entrega.

5.4 Implementação e resultados

Com base nas ações de melhoria que o estado futuro exigiu, foi elaborado um plano de trabalho que especificava metas, responsáveis e prazos para a implantação. Como o estado futuro iria ser implantado em uma nova fábrica, foi projetado um novo layout para a produção de fios que procurava otimizar os fluxos de produção e reduzir perdas por transporte e movimentação.

Algumas das mudanças planejadas já foram implantadas na fábrica atual, enquanto outras estão em fase de implantação. Porém, de uma forma geral, já é possível projetar uma avaliação preliminar dos resultados, com base na comparação do estado futuro com o estado atual, considerando os dados coletados para um lote de 3.000 kg (quadro 5).

Quadro 5 – Comparação de resultados

Indicadores	Estado atual	Estado futuro
Tempo de espera (WIP) entre a laminação e o encapamento	9 horas	6 horas

Tempo de processamento entre a laminação e o encapamento	29,41 horas/lote	19,45 horas/lote
Estoque intermediário entre a laminação e o encapamento	6.000 kg	3.000 kg
Número de atividades de transporte	5	1
Distância percorrida pelo material em processo	300 metros	60 metros
Redução do custo de transformação	38%	

Fonte: Elaborado pelos autores

A melhoria dos indicadores projetados no quadro 5 motivou a empresa a prosseguir na implantação do estado futuro como um passo inicial para a estruturação completa de um sistema de produção enxuta.

6. Considerações finais

Este artigo apresentou o mapeamento do fluxo de valor como uma ferramenta que pode guiar a implementação de práticas de produção enxuta em diferentes tipos de processos produtivos. A aplicação no processo de fabricação de fios de cobre demonstrou a versatilidade da ferramenta e confirma aquilo que alegaram Abdulmalek e Rajgopal (2007), ao defender a completa aplicabilidade do MFV em processos contínuos.

Assim como em outras empresas que se intitulam “indústrias de processos contínuos”, a fábrica analisada possuía um fluxo global intermitente, em outras palavras, possuía um **fluxo de valor** intermitente. De fato, quando se analisou o processo global na perspectiva do fluxo de valor, percebeu-se que o fluxo contínuo existia somente na visão restrita do processo de fabricação que era realizado por cada máquina individualmente. Ao adotar a visão sistêmica que o MFV proporciona, é possível afirmar que o ideal da produção enxuta de “tornar o fluxo contínuo” deve ser buscado até mesmo em processos contínuos.

Ao atingir o objetivo deste trabalho, mapeando o fluxo de valor atual e projetando um estado futuro para a nova fábrica que iria ser instalada, pôde-se observar o grande potencial de melhoria que as práticas enxutas representam para o processo atual. Embora o estado futuro ainda esteja em implantação e não existam indicadores para uma avaliação definitiva, os resultados preliminares já demonstram a viabilidade para a operação da nova fábrica dentro dos princípios enxutos.

Para a continuidade do trabalho realizado na empresa o caminho natural é o acompanhamento da implantação, por meio de revisões periódicas do fluxo de valor, tal como é recomendado pela metodologia original do MFV. Além disso, a aplicação da ferramenta poderia se estender para outros processos ou mesmo procurar uma ampliação de escopo, ao mapear o fluxo de valor na cadeia de suprimentos.

Do ponto de vista acadêmico, recomenda-se manter a iniciativa presente em pesquisas como

a de Braglia, Carmignani e Zammori (2006) e a de Abdulmalek e Rajgopal (2007), que procuraram aplicar e adaptar o MFV em tipos de processos com características especiais, os quais a metodologia tradicional de Rother e Shook (2003) não explicita a forma de aplicação. Ao passo que essa iniciativa confere uma maior robustez à ferramenta, ela contribui para a investigação das contingências associadas à implantação da produção enxuta nas organizações.

Abstract

This paper presents the value stream mapping (VSM) as a tool to facilitate the implementation of lean production in manufacturing operations. Based on this premise, this study aimed to apply the methodology of value stream mapping in a plant of copper and aluminum wires that was intended to introduce lean practices in its production system. As a starting point, it was chosen the manufacturing process of rectangular section copper wires, which are used as key components of large size electrical transformers. This product line was chosen for the VSM to face a continued growth in demand and, simultaneously, provide significant inefficiencies in its production process, a fact which gave priority to the implementation of lean manufacturing. Using the methodological approach of action research and following the step-by-step guide proposed by Rother and Shook (2003), the process has been mapped in its current state and designed in its desired future state, in order to incorporate lean manufacturing practices. Although the future state is still under implementation and there are no performance indicators for a definitive assessment, the preliminary results already show the potential improvement of lean practices applied to the current process. Among the most relevant results, we highlight the improvement of productive times (lead time, processing and waiting), the reduction of inventory levels and the reduction of manufacturing costs.

Key-words: lean manufacturing; value stream mapping; process analysis.

Referências

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n.1, p. 223-236, 2007.



BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A new value stream mapping approach for complex production systems. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 18/19, p. 3929-3952, 2006.



BURBIDGE, J. L. The first step in planning group technology. **International Journal of Production Economics**, v. 43, n. 2-3, p. 261-266, 1996.



COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.



EDEN, C.; HUXHAM, C. Action research for management research. **British Journal of Management**, v. 7, n. 1, p. 75-86, 1996.



HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.



JONES, D. T.; WOMACK, J. P. **Enxergando o todo**: mapeando o fluxo de valor estendido. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

KRISHNAMURTHY, R.; YAUCH, C. A. Leagile manufacturing: a proposed corporate infrastructure. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 6, p. 588-604, 2007.



KUMAR, M. et al. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. **Production Planning & Control**, v. 17, n. 4, p. 407-423, 2006.



LASA, I. S.; LABURU, C. O.; VILA, R. C. An evaluation of the value stream mapping tool. **Business Process Management Journal**, v. 14, n. 1, p. 39-52, 2008.



LIAN, Y. H.; VAN LANDEGHEM, H. Analysing the effects of lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 13, p. 3037-3058, 2007.



LUMMUS, R. R.; VOKURKA, R. J.; RODEGHIERO, B. Improving quality through value stream mapping: a case study of a physician's clinic. **Total Quality Management**, v. 17, n. 8, p. 1063-1075, 2006.



OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PIERCY, N.; RICH, N. Lean transformation in the pure service environment: the case of the call service centre. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 1, p. 54-76, 2009.



RAWABDEH, I. A. A model for the assessment of waste in job shop environments. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 8, p. 800-822, 2005.



RONG, C.; TAKAHASHI, K.; WANG, J. Enterprise waste evaluation using the analytic hierarchy process and fuzzy set theory. **Production Planning & Control**, v. 14, n. 1, p. 90-103, 2003.



ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SALGADO, E. G. et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

SETH, D.; SETH, N.; GOEL, D. Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 4, p. 529-550, 2008.



SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.



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

SINGH, B.; SHARMA, S. K. Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. **Measuring Business Excellence**, v. 13, n. 3, p. 58-68, 2009.



WEE, H. M.; WU, S. Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. **Supply Chain Management: an International Journal**, v. 14, n. 5, p. 335-341, 2009.



WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. **Case study research: design and methods**. 2.ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.

Dados dos autores:

Nome completo: **Luciano Costa Santos**

Filiação institucional: Universidade Federal da Paraíba

Departamento: Engenharia de Produção

Função ou cargo ocupado: Professor Adjunto

Endereço completo para correspondência: UFPB – Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia de Produção - Centro de Tecnologia - Campus I, Bloco G - Cidade Universitária - João Pessoa – PB, Brasil - Cx. Postal: 5045 - CEP: 58.051-970

Telefones para contato: (83) 3216-7685/(83) 9632-6616

e-mail: luciano@ct.ufpb.br

Nome completo: **Cláudia Fabiana Gohr**

Filiação institucional: Universidade Federal da Paraíba

Departamento: Engenharia de Produção

Função ou cargo ocupado: Professora Adjunta

Endereço completo para correspondência: UFPB – Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia de Produção - Centro de Tecnologia - Campus I, Bloco G - Cidade Universitária - João Pessoa – PB, Brasil - Cx. Postal: 5045 - CEP: 58.051-970

Telefones para contato: (83) 3216-7817/(83) 9632-4224

e-mail: claudiagohr@ct.ufpb.br

Nome completo: **Eder Jonis dos Santos**

Filiação institucional: Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento: Engenharia de Produção e Sistemas

Função ou cargo ocupado: Estudante de Pós-Graduação

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Rosa Orsi Dalçoquio, 100 – Cordeiros - Itajaí - SC, Brasil - CEP: 88.311-720

Telefone para contato: (47) 3276-7318/(47) 9651-4343

e-mail: ederjonis@gmail.com

Enviado em: 09/03/2011

Aprovado em: 15/12/2011