

## **APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO DE PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR DE FUSÃO**

Dalmarino Setti, [dalmarino@utfpr.edu.br](mailto:dalmarino@utfpr.edu.br)<sup>1</sup>

Carla Schwengber ten Caten, [tencaten@producao.ufrgs.br](mailto:tencaten@producao.ufrgs.br)<sup>2</sup>

Marco Antônio Possenti, [possenti@utfpr.edu.br](mailto:possenti@utfpr.edu.br)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UTFPR, Via do Conhecimento km 1- COELM, Pato Branco, PR.

<sup>2</sup>UFRGS, Osvaldo Aranha 99, 5º andar- LOPP, Porto Alegre, RS.

<sup>3</sup>UTFPR, Estrada Boa Esperança km 06 - COZOO, Dois Vizinhos, PR.

**Resumo:** *A Manufatura Enxuta, conjunto de princípios e práticas que tem como finalidade a excelência na manufatura tem contribuído no aumento da produtividade de empresas de diferentes segmentos industriais. O mapeamento do fluxo de valor sintetiza os princípios e práticas enxutas, uma vez que abrange diagnósticos e propostas de melhorias, tornando-se um ponto chave na implantação da Manufatura Enxuta. As pequenas e médias empresas correspondem a 95% do setor brasileiro de fundição. No setor de fundição, a aplicação de práticas enxutas ainda é pouco implementada. O objetivo deste trabalho é estudar a implementação da manufatura enxuta em uma empresa de fundição de pequeno porte, a partir da utilização da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). Para atingir o objetivo proposto, inicia-se com uma revisão da literatura a respeito das etapas necessárias para a aplicação do MFV. O método de desenvolvimento do estudo é exposto, considerações para adequar o MFV aos aspectos intrínsecos do processo de fundição são relatadas e um estudo de caso do setor de fusão é apresentado. Com base nos resultados obtidos as principais conclusões da aplicação do MFV foram: (i) O equipamento de fusão é o que determina a capacidade produtiva de uma fundição, sendo possível observar se a máxima eficiência deste equipamento está sendo obtida; (ii) adotando as ligas como famílias, um ritmo constante de produção é estabelecido e pode ser adequadamente mensurado; (iii) e o tempo de processamento das cargas pode ser reduzido de 133 para 87 minutos.*

**Palavras-chave:** *Manufatura enxuta, mapeamento do fluxo de valor, fundição, empresa pequeno porte*

### **1. INTRODUÇÃO**

A indústria automobilística desempenha papel importante no desenvolvimento e implementação de novas tecnologias e sistemas produtivos, como a manufatura enxuta, a qual pode ser considerada como um marco na indústria automobilística mundial. Womack e Jones (1998), definem manufatura enxuta como uma abordagem que organiza e gerencia a empresa para o relacionamento com clientes e fornecedores, para o desenvolvimento de seus produtos e de suas atividades de operação da produção. Para esses autores, o pensamento enxuto pode ser delineado a partir de cinco princípios, *valor*, o qual deve ser determinado e melhorado; *cadeia de valor* é o conjunto de todas as operações necessárias para efetuar um produto ou serviço; *fluxo* a empresa deve fazer o seu produto fluir; *produção puxada* como meio de eliminar os estoques, os quais significam desperdício; *perfeição* a empresa deve buscar, à medida que os princípios anteriores sejam alcançados, que o seu produto se aproxime cada vez mais do que o cliente realmente deseja. Deve-se procurar fazer cada vez mais com menos, tentando, a todo o momento, eliminar o desperdício.

De acordo com Slack et al (2002), para entender a manufatura enxuta, deve-se analisá-la em dois níveis. No nível mais amplo a manufatura enxuta é entendida como uma filosofia que pode ser utilizada para guiar as ações dos gerentes de produção em diversas situações. Em outro nível a manufatura enxuta se caracteriza por ser uma coleção de ferramentas e técnicas que fornecem as condições operacionais para suportar essa filosofia. Muitas dessas ferramentas e técnicas são oriundas dos programas de qualidades e outras são específicas no âmbito da manufatura enxuta, o que as caracteriza, no entanto, são a simplicidade e a eficiência. Uma dessas ferramentas é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) desenvolvido por Rother e Shook (2003), é uma ferramenta gráfica que utiliza um conjunto de ícones para a construção de cenários de manufatura, os quais apresentam a finalidade de facilitar o entendimento do processo. O MFV sintetiza os princípios e práticas enxutas, permite enxergar e entender o fluxo de informações e materiais por todo

o fluxo de valor de um produto, promovendo o que pode ser chamado de "raio x" da empresa, uma vez que abrange diagnósticos e propostas de melhorias, tornando-se um ponto chave na implantação da manufatura enxuta (Lima e Zawislak, 2003).

O objetivo deste trabalho é estudar a implementação da manufatura enxuta em uma empresa de fundição de pequeno porte, a partir da utilização da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). Para atingir o objetivo proposto, inicia-se com uma revisão da literatura a respeito das etapas necessárias para a aplicação do MFV. O método de desenvolvimento do estudo é exposto, considerações para adequar o MFV aos aspectos intrínsecos do processo de fundição são relatadas e um estudo de caso é apresentado.

## 2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

A aplicação dessa ferramenta consiste em quatro etapas, representadas na Fig. (1).

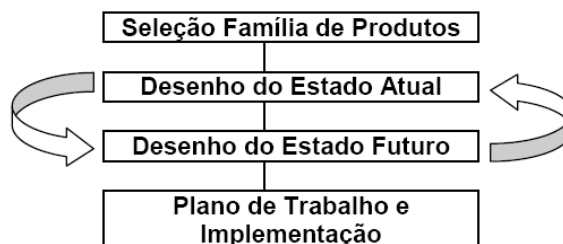


Figura 1 – Principais etapas do mapeamento do fluxo de valor (Rother e Shook, 2003).

A etapa 1 seleção uma família de produtos é o primeiro passo para aplicação da técnica. Uma família de produtos pode ser definida como um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos (ROTHER e SHOOK, 2003).

Após a seleção da família de produtos, para a realização da etapa 2 referente ao desenho do mapa do estado atual, Rother e Shook (2003) apresentam recomendações simples e muito práticas para implementar a ferramenta neste estágio, das quais destacam-se: sempre colete informações do estado atual enquanto você mesmo caminha diretamente junto aos fluxos reais de material e informação; comece pela expedição final e em seguida nos processos anteriores; traga o seu próprio cronômetro e não se baseie em tempos padrão ou informações que você não obtiver pessoalmente.

Na etapa 3 referente ao desenho do estado futuro, Rother e Shook (2003) propõe um conjunto de questões chaves que servem para nortear a aplicação neste estágio. Estas questões são as seguintes: (i) Qual é o *takt time* baseado no tempo de trabalho disponível dos processos fluxo abaixo posteriores que estão mais próximos do cliente? (ii) Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou os produtos serão empurrados diretamente para a expedição? (iii) Onde você pode usar o fluxo contínuo de produção? (iv) Onde você precisará introduzir sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos fluxo acima? (v) Em que ponto único da cadeia de produção ("processo puxador") a produção será programada? (vi) Como você nivelará o *mix* de produção no processo puxador? (vii) Qual incremento de trabalho você liberará uniformemente do processo puxador? (viii) Quais melhorias de processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro?

O grande potencial de transformação associado ao MFV pode ser observado a partir da questão (viii) onde fica evidente que os esforços de melhoria do processo tornam-se subordinados ao projeto do fluxo de valor completo, ao contrário dos esforços de melhorias vagos e isolados, ou seja, melhorias são realizadas de modo coordenado para agregar valor.

Com a conclusão do mapa do estado futuro, é realizada a etapa 4 referente a elaboração do plano de trabalho para sua implementação, que consiste em um cronograma de organização e acompanhamento das medidas necessárias, onde estão contidas as ações, as equipes, os responsáveis, a seqüência das atividades e o tempo de realização de cada uma delas. De posse deste documento, a empresa pode planejar com precisão a aplicação de recursos humanos e financeiros que irá disponibilizar em cada etapa do projeto e analisar o retorno esperado.

Deve-se observar que a aplicação do MFV não tem fim, como apresentado na Fig. (1), onde se pode observar que um mapa do estado futuro torna-se um mapa do estado atual onde se torna necessário a realização de um novo ciclo de melhoria coordenada.

## 3. MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa quantitativa baseada na utilização da ferramenta MFV foi a abordagem adotada neste estudo. Sua natureza aplicada decorre da possibilidade de utilização imediata dos conhecimentos gerados sobre a aplicação da ferramenta MFV para implementar a manufatura enxuta, no âmbito de empresas de fundição de pequeno porte. Do ponto de vista dos procedimentos, a pesquisa desenvolvida pode ser classificada como um estudo de caso.

O desenvolvimento desta pesquisa consiste de duas etapas. Na primeira, considerações para adequar a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor ao processo de fundição são apresentadas e na segunda é realizado um estudo de caso da aplicação do MFV em uma empresa de fundição de pequeno porte.

Para a realização do estudo de caso, uma fundição de ferro de pequeno porte foi selecionada. A fundição escolhida para o estudo apresentou uma produção de 890 toneladas de ligas de ferro fundido cinzento e nodular no ano de 2007. Conta com 76 funcionários, sendo classificada como empresa de pequeno porte (ABM, 2007). A empresa possui sistema de garantia da qualidade certificado com base na norma ISO 9001:2000. Sua estrutura é voltada para a produção de peças técnicas para elevadores, implementos agrícolas, eletrodomésticos e equipamentos em geral. A escolha de uma empresa de fundição de pequeno porte é justificada em função de que empresas de fundição de pequeno e médio porte representam 95% do setor de fundição do Brasil (ABM, 2007).

#### 4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR APLICADO A EMPRESAS DE FUNDIÇÃO

O processo de fundição, dentro da terminologia da manufatura enxuta, pode ser classificado como híbrido segundo Abdulmalek e Rajgopal (2003). Este termo é utilizado para descrever indústrias de processo em que unidades contínuas tornam-se discretas. No caso específico do processo de fundição, o metal líquido apresenta unidade contínua, após o vazamento em um molde apropriado torna-se um componente específico, ou seja, uma unidade discreta. As etapas do processo de fundição e as respectivas características contínuas e discretas são apresentadas na Fig. (2).

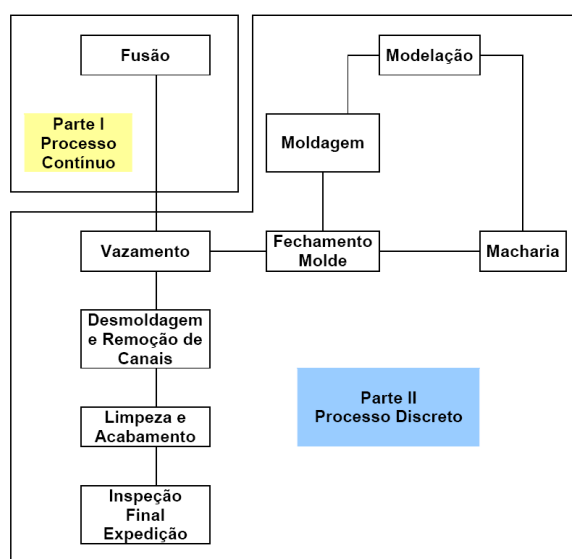


Figura 2 – Principais Etapas do Processo de Fundição

Com base na Fig. (2) é possível observar que o mapeamento de fluxo de valor como proposto por Rother & Shook (2003) deve ser aplicado ao processo discreto. Porém no caso específico do processo de fundição, a etapa contínua não pode ser desprezada, pois cada componente fundido está relacionado com a liga especificada para sua fabricação. Deste modo a aplicação do MFV para o processo de fundição deve envolver as seguintes fases.

*Fase 1:* Aplicar o MFV ao setor de fusão.

*Fase 2:* Após implantar as melhorias do estado futuro no setor de fusão, aplicar o MFV em cada processo da parte discreta.

Para a execução da fase 1 os principais aspectos que devem ser adaptados para aplicação do MFV no processo de fundição são apresentados a seguir:

##### a) Definição de Família de Produtos Para o Processo de Fundição

Para definição das famílias devem-se considerar os seguintes critérios:

- Tipo de Liga: cada liga produzida deve ser considerada uma família, ou seja, todos os componentes produzidos com uma mesma liga formam uma família. Este critério é fundamental para a fase contínua do processo de fundição.
- Frequência e volume da demanda: componentes que são produzidos com a mesma liga e possuem características similares de demanda. Esse critério é muito importante para determinar a inserção ou retirada de um componente de uma família, na parte discreta do processo. A similaridade de processos é outro importante critério normalmente utilizado na classificação de produtos em famílias, no entanto não se aplica ao processo de fundição uma vez que todos os componentes praticamente passam por todos os processos.

##### b) Desenho do Mapa da Situação Atual Para o Processo de Fundição

Deve-se criar um MFV para o processo fusão, onde o cliente será o processo discreto, parte II da Fig. (2). Na fusão observa-se que a produção é direta para expedição, em virtude de que o metal líquido na composição e temperatura corretas deve ser imediatamente vazado nos moldes.

##### c) Desenho do Mapa da Situação Futura Para o Processo de Fundição



No mapa do estado atual destacam-se os seguintes pontos: Os resultados do mapa apresentam: (i) tempo de agregação de valor de 133 minutos; (ii) tempo de atravessamento (*lead time*) de 45 dias e 300 minutos; (iii) grande quantidade de estoque de matéria-prima, especialmente de ferro gusa devido à distância dos fornecedores que gera um estoque de segurança excessivo; (iv) tempo de ciclo do equipamento de fusão, o qual tem capacidade para processar 650 kg/hora de metal, sem considerar o tempo necessário para a retirada do metal para o vazamento; (v) Excesso de cargas pesadas esperando para ser processadas.

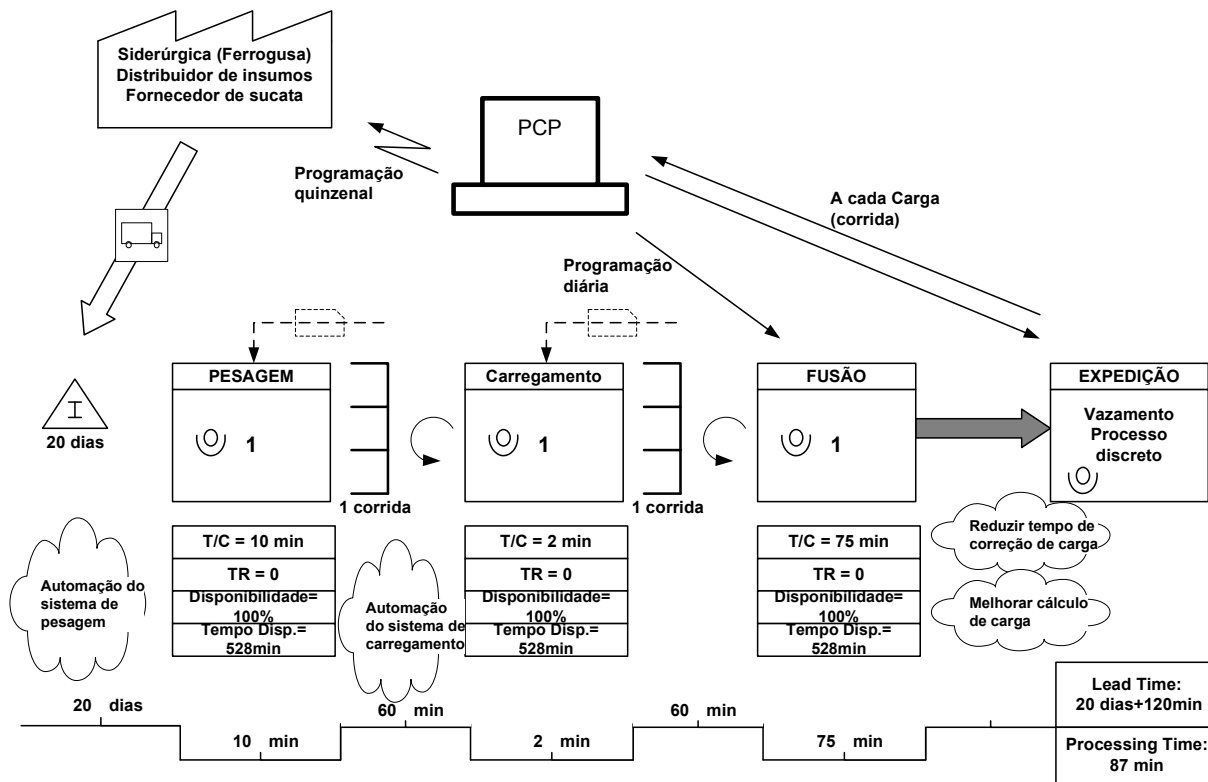


Figura 4 – Mapa do estado futuro para a família “Liga B”

No mapa do estado futuro a situação projetada é de um tempo de agregação de valor de 87 minutos e um tempo de atravessamento (*lead time*) de 20 dias mais 120 minutos. Estes resultados podem ser atingidos com ações relativamente simples como: Estabelecer um ritmo de fusão (*takt time*) igual à capacidade do forno, ou seja, 650 kg/hora; O tempo de ciclo do forno pode ser reduzido para 75 minutos (60 de fusão e 15 para o vazamento).

As melhorias necessárias são relativamente simples, tais como, diminuir o tempo de correção da corrida, melhorar o cálculo de carga para evitar a correção. Outro fato que pode contribuir para evitar correções, é a criação do supermercado com uma única carga, pois isto evita que componentes de outra carga possam ser carregados por engano; Outro aspecto observado que pode contribuir na redução do tempo de ciclo da pesagem e do carregamento da carga na plataforma do forno é melhorar a ergonomia desta operação com o auxílio de uma talha manual; O estoque de segurança foi reduzido para cinco dias como forma de reduzir o tempo de atravessamento. Estas evidências demonstram que a aplicação de práticas enxutas são possíveis em qualquer tipo de indústria, desde que as ferramentas adotadas sejam adequadamente ajustadas como observado por Feld (, 2000).

Todas as melhorias propostas foram apresentadas à empresa onde o estudo foi realizado. O plano para implementar as melhorias propostas no mapa do estado futuro encontra-se em fase de elaboração.

## 6. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo estudar a implementação da manufatura enxuta em uma empresa de fundição de pequeno porte, a partir da utilização da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).

O processo de fundição pode ser classificado como híbrido pois na etapa da fusão é um processo contínuo e nas demais etapas é um processo discreto. Este artigo apresenta os resultados da aplicação do MFV no processo contínuo da etapa da fusão (fase 1).

As principais conclusões da aplicação do MFV foram: (i) O equipamento de fusão é o que determina a capacidade produtiva de uma fundição, sendo possível observar se a máxima eficiência deste equipamento está sendo obtida; (ii) adotando as ligas como famílias, um ritmo constante de produção é estabelecido e pode ser adequadamente mensurado; (iii) e o tempo de processamento das cargas pode ser reduzido de 133 para 87 minutos.

O maior benefício observado pela utilização do MFV no setor de fusão para a família “Liga B” foi a identificação estruturada de quais processos precisam sofrer melhorias, com intervenções direcionadas para melhoria do processo com base num princípio maior: o de agregar valor.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a Fundação Araucária pelo apoio financeiro que possibilitou a execução deste trabalho e a empresa de fundição pelo suporte necessário para a realização deste estudo.

## 8. REFERÊNCIAS

Abdulmalek, F. A. & Rajgopal, J., 2003, “Lean Manufacturing in the process industry”. International. Proceedings of the IIE Reserch Conference, Portland.

ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais., 2007, “VI Seminário de Fundação da ABM. Estudo Setorial sobre Fundação no Brasil (2004-2006)”. Disponível em:

<<http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/semfundicao4ABNT.pps>> Acesso em 31 jan. 2007.

Alvarez, R. R. e Antunes JR., J. A. V., 2001, “Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção”. Gestão & Produção. 2001, vol. 8, no. 1, p. 1-18.

Feld, W. M., 2000, “Lean Manufacturing. Tools, techniques and how to use them”. New York: St. Lucie Press.

Lima, M. L. S. C. & Zawislak, P. A., 2003, “A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PMEs”. Produção. v. 13, no. 2, p. 57-69.

Rother, M. and Shook, J., 2003, “Aprendendo a Enxergar – Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício.” São Paulo: Lean Institute Brasil.

Slack, N.; Chambers, S. & Johnsto, R., 2002, “Administração da produção.” São Paulo: Atlas.

Womack, J. e Jones, D., 1998, “A mentalidade enxuta nas empresas.” Rio de Janeiro: Campus.

## 9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

# IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING IN SMALL ENTERPRISE FOUNDRY: A CASE STUDY OF THE SECTOR OF MELTING

**Abstract.** *The Lean Manufacturing, set of principles and practices that aims to excellence in manufacturing has contributed to increasing productivity of companies from different industries. The value stream mapping summarizes the principles and practices dried, since it includes diagnoses and proposals for improvements, becoming a key point in the deployment of Lean Manufacturing. The SMEs account for 95% of the Brazilian foundry industry. In the foundry industry, the application of practices is not dried yet implemented. The objective of this paper is to study the implementation of lean manufacturing in a foundry company in a small one, from the use of the tool Value Stream Mapping (VSM). To achieve the proposed objective, begins with a review of the literature about the steps necessary to implement VSM. The method of development of the study is exposed, considerations to bring the VSM the inherent aspects of the process of casting are reported and a case study of the melting sector is presented. Based on the results the main findings of the implementation of VSM were: (i) the equipment of a meting is what determines the productive capacity of a foundry, one can see if the maximum efficiency of this equipment is being obtained, (ii) adopting the alloys as families, a steady rate of production is established and can be adequately measured, (iii) and processing time of charge can be reduced from 133 to 87 minutes.*

**Keywords:** *Lean manufacturing, value stream mapping, foundry, small enterprise*

## RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.