

Mapeamento do Fluxo de Valor da Manutenção como ferramenta útil para implementação de Lean Maintenance: estudo de caso em um setor de injeção de uma empresa de termoplásticos

Maintenance's Value Stream Mapping as a useful tool for the implementation of Lean Maintenance: case study in an injection's sector of a thermoplastics company

Danilo Ribamar Sá Ribeiro* – danilo_saribeiro@hotmail.com

Fernando Antônio Forcellini* – fernando.forcellini@ufsc.br

Milton Pereira* – milton.pereira@ufsc.br

* Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC), Florianópolis, SC

Article History:

Submitted: 2018 - 10 - 29

Revised: 2018 - 11 - 21

Accepted: 2018 - 12 - 05

Resumo: Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta que auxilia na introdução e utilização do pensamento enxuto por meio da identificação da criação do valor. Além da Produção, esta ferramenta pode ser aplicada a outras áreas, tais como no processo de Manutenção. A utilização da ferramenta na Manutenção é conhecida como MFVM. Esta deve ser uma das primeiras ferramentas a se usar no processo de implementação de *Lean Maintenance*, pois é uma técnica de mapeamento de fluxos de materiais e informações que desencadeiam os processos que permitem realizar a Manutenção. Em razão disso, o presente trabalho tem como objetivo principal aplicar a ferramenta MFVM em uma empresa de termoplásticos. Para alcançar o objetivo proposto, buscou-se na literatura por meio de uma busca exploratória, quais trabalhos já utilizaram a ferramenta MFV na Manutenção. Com base no portfólio gerado, conduziu-se a aplicação da ferramenta na prática. A aplicação do MFVM, ferramenta integrante da abordagem *Lean Maintenance*, identificou desperdícios dentro do processo de Manutenção Preventiva e Corretiva no setor de Injeção da empresa. Esta pesquisa mostra que o MFVM é uma ferramenta poderosa para implementação de *Lean Maintenance* ao permitir que cada indústria compreenda e melhore continuamente sua compreensão enxuta na Manutenção.

Palavras-chave: Mapeamento de Fluxo de Valor - MFV; Mapeamento de Fluxo de Valor na Manutenção - MFVM; *Lean Maintenance*.

Abstract: Value Stream Mapping is a tool that support in the introduction and use of lean thinking through the identification of value creation. In addition to Production, this tool can be applied to other areas, such as in the Maintenance's process. The use of the tool in Maintenance is known as MFVM. This should be one of the first tools to be used in the implementation process of Lean Maintenance, since it is a technique of mapping the flows of materials and information that trigger the processes that allow to perform the Maintenance. Therefore, the main objective of this work is to apply the MFVM's tool in a thermoplastic company. In order to reach the proposed objective, we searched the literature through an exploratory research, which works have already used the MFV tool in Maintenance. Based on the portfolio generated, the tool was applied in practice. The application of MFVM, a tool that is part of the Lean Maintenance approach, identified wastage within the planned and corrective maintenance process in the company's Injection sector. This research shows that MFVM is a powerful tool for implementing Lean Maintenance and allows each industry to continuously understand and improve its lean understanding in Maintenance.

Keywords: Value Stream Mapping – VSM; Value Stream Mapping in Maintenance – VSMM; Lean Maintenance.

1. Introdução

Em âmbito mundial, cada vez mais as empresas apostam na função Manutenção para aumentar a confiabilidade dos equipamentos e diminuir os seus custos produtivos (Araújo, 2010). As máquinas e equipamentos industriais sofrem desgaste e avarias ao longo de sua vida útil. Para minimizar esses acontecimentos e não prejudicar o seu funcionamento, elas precisam receber constante e periodicamente manutenções. Portanto, o objetivo da manutenção é efetuar reparos e consertos nas máquinas, equipamentos e instalações para que possam funcionar em perfeito estado (Kardec e Nascif, 2012).

Para alcançar melhores níveis de produtividade, as empresas buscam novas ferramentas de gestão que proporcionem a identificação e ações para mitigar as perdas dos processos e operações, muitas empresas têm adotado *Lean* como uma abordagem útil na construção de sistemas e infraestruturas em toda a organização. A abordagem *Lean* pode ser estendida para práticas de manutenção em adição ao processo de manufatura puro. A adoção desta abordagem aplicada à manutenção é conhecida como *Lean Maintenance* (Smith e Hawkins, 2004; Funegan e Humphries, 2006; Wiegand *et al.*, 2007; Levitt, 2008; Araújo, 2010; Gonçalves Filho *et al.*, 2015; Mostafa *et al.*, 2015; Ribeiro e Forcellini, 2017; Ribeiro, 2017).

Nesta conjuntura, sustentado em ferramentas e métodos práticos que permitem tratar os problemas em uma perspectiva sistêmica, *Lean Maintenance* tem um papel importante na otimização das atividades de manutenção, na redução dos custos decorrentes dos tempos de parada produtiva, no aumento da capacidade produtiva e no aperfeiçoamento da utilização de recursos (Nunes, 2013; Ribeiro, 2017).

Para esse olhar voltado a melhoria, Rother e Shook (2003) apontam que dentre as várias ferramentas oriundas da Abordagem *Lean*, a mais comum é o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), que consiste no mapeamento de todas as atividades, tanto as que agregam quanto as que não agregam valor sob a ótica do cliente. Segundo Santos, Gohr e Santos (2011), o MFV tem um amplo leque de aplicações e pode ser utilizado em diferentes setores industriais, tais como a Manutenção.

Com base neste âmbito, entende-se que a identificação e a mitigação de fatores de desperdício (de tempo, de atividades desnecessárias, de retrabalhos, etc.) no processo de Manutenção podem trazer uma vantagem competitiva para uma organização. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que poderia operacionalizar esta análise, pela identificação das atividades que agregam e que não agregam valor ao processo (Salgado *et al.*, 2009).

Conforme Thiruvengadam (2009), a combinação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) com os sistemas de desempenho de manutenção ajuda a visualizar claramente o desperdício deste processo e permite reduzir o tempo sem valor agregado gasto nas falhas de manutenção. A aplicação do MFV na Manutenção recebe o nome de MFVM – Mapeamento do Fluxo de Valor da Manutenção.

O melhor desempenho de manutenção pode ser obtido com todas as ações necessárias para eliminar as atividades sem valor agregado nesta tarefa. Atividades sem valor agregado em termos de material e informação podem ser facilmente categorizadas e analisadas visualmente com o auxílio do MFVM, uma das principais ferramentas utilizadas em *Lean Maintenance* para o alcançar efetivamente melhorias na Manutenção (Tapping *et al.*, 2002; Smith e Hawkins, 2004; Thiruvengadam, 2009).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo implementar a ferramenta MFVM em uma empresa de termoplásticos, com o propósito de reduzir o lead time do setor de manutenção da organização. Para atingir o objetivo proposto desta pesquisa, antes da aplicação da ferramenta na empresa estudada, primeiramente, realizou-se uma revisão bibliográfica exploratória.

2. Revisão bibliográfica

2.1 *Lean Maintenance*

Lean Maintenance representa adoção de princípios *Lean* nas operações de Manutenção, Reparo e Revisão. Pode reduzir o tempo de inatividade não programado pela otimização de atividades de apoio de manutenção e custo de manutenção (Jahanbakhsh *et al.*, 2013).

Define-se *Lean Maintenance* como entrega de serviços de manutenção para os clientes com o menor desperdício possível, promovendo a realização de um resultado desejável com menor número entradas possíveis. As entradas incluem: o trabalho, peças, ferramentas, energia, capital e gestão esforço. Os ganhos são: melhoria, confiabilidade da planta, disponibilidade, e melhor repetibilidade dos processos, ou seja, menos variação (Funegan e Humphries, 2006; Levitt, 2008).

Wiegand, Langmaak e Baumgarten (2007) afirmam que *Lean Maintenance* desenvolveu-se com base na experiência de longo prazo na manutenção e com os muitos conceitos de manutenção e ferramentas modernas que estão disponíveis agora. Os autores afirmam que *Lean Maintenance* não deve substituir as muitas estratégias e métodos existentes.

Em vez disso, ele deve ser considerado como um procedimento que permite que estes sejam usados de uma forma orientada. Em *Lean Maintenance*, usam-se muitos dos métodos e ferramentas já conhecidos e possibilita conhecer alguns novos. Mas, acima de tudo, *Lean Maintenance* adiciona dois novos aspectos do gerenciamento *Lean* ao seu sistema existente: prevenção de desperdícios e orientação da manutenção para o fluxo de valor.

Lean Maintenance tem como objetivo básico garantir a confiabilidade dos equipamentos e os seus objetivos parciais consistem na gestão da carga de trabalho, redução do tempo de parada de equipamentos, garantia da eficácia do trabalho, aplicação de práticas que otimizem o trabalho, criação e aplicação de medidas de desempenho, análise de dados de controle dos processos e garantia da qualidade (Smith e Hawkins, 2004; Araújo, 2010). A Tabela 1 apresenta os princípios da Abordagem *Lean* aplicados à Gestão da Manutenção.

Segundo Jasiulewicz-Kaczmarek (2013), uma das mais importantes preparações para a Manufatura é a configuração da organização da Manutenção por meio da implementação de *Lean Maintenance*.

Para obter sucesso na implementação de *Lean Maintenance*, existem formas de medir como estão inicialmente os processos e quais foram os ganhos obtidos na Manutenção com a implementação da abordagem. Para tal, utiliza-se uma variedade de ferramentas, com destaque para o Mapeamento da Cadeia de Valor (Smith e Hawkins, 2004; Wiegand *et al.*, 2007; Ribeiro, 2017).

Tabela 1 - Os princípios da Abordagem *Lean* aplicados à Gestão da Manutenção

Princípios	Aplicação a Gestão da Manutenção
Conhecer o cliente	Quem é o cliente da Manutenção? O Departamento de Produção/Operações, o cliente externo e a generalidade dos colaboradores no <i>gemba</i> . Conhecer o cliente é o ponto de partida para a jornada <i>Lean</i> . Só conhecendo quem se serve é possível definir o valor e trabalhar no sentido da sua criação e entrega.
Definir valor	Que valor espera o cliente receber da manutenção? Zero avarias, zero acidentes, zero paradas, redução dos tempos não-produtivos, redução de custos e aumento sustentado da eficiência das operações. O cliente espera ainda receber uma maior colaboração da manutenção no desenvolvimento de novos processos e equipamentos.
Analisar a cadeia de valor	Quais as etapas envolvidas na criação de valor que a manutenção entrega aos seus clientes? Observando os processos de planejamento e controle das operações de manutenção, bem como todas as atividades diretas e de suporte, é possível identificar o que realmente contribui com valor ou desperdícios.
Otimizar os fluxos	Procurar otimizar fluxos de informação, de materiais/ peças e de pessoas de forma a acelerar os processos de criação de valor. Todos os obstáculos ao fluxo devem ser removidos (como processos demasiado burocráticos, tempos de espera, e outros).
Aplicar a lógica <i>pull</i>	Este princípio pode ser aplicado à gestão de materiais e peças de reserva, evitando acumular estoques ou ainda aplicado à gestão de fornecedores (de materiais e serviços). Pode ainda ser aplicado na melhoria da comunicação e integração da função manutenção com demais funções da empresa, tais como: Engenharia e Operações.
Buscar a perfeição	Desenvolver nos colaboradores (técnicos e operadores) de manutenção a constante necessidade de melhorar o desempenho adotando os princípios <i>Kaizen</i> .
Inovar sempre	Procurando inovar as práticas de gestão dos equipamentos, identificando oportunidades de melhoria de processos, produtos e serviços, colaborando com outras funções na empresa na procura de processos e bens inovadores.

Fonte: Adaptado de Pinto (2009)

2.2 Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

Segundo Rother e Shook (2003), o Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta simples que auxilia na introdução e utilização do pensamento enxuto por meio da identificação da criação do valor.

A finalidade é que o fluxo de valor seja analisado como um todo, e melhorias isoladas sejam evitadas, pois estas não refletem em redução de custo, nem melhorias para o cliente na qualidade e no serviço, nem benefício para o fornecedor. Entende-se por fluxo de valor, o conjunto de ações necessárias para a produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor (Rother e Shook, 2003).

A ferramenta tem a capacidade de identificar desperdícios, para assim utilizar processos da Abordagem *Lean* o qual consiga eliminá-los (Stadnicka e Antonelli, 2015). Considerado um mapa de processo, o MFV é inserido para ser capaz de implementar táticas de gestão da empresa no nível operacional, pois é descrito como uma técnica utilizada para o diagnóstico, implementação e manutenção de uma abordagem enxuta (Dal Forno *et al.*, 2016; Bonamigo *et al.*, 2017).

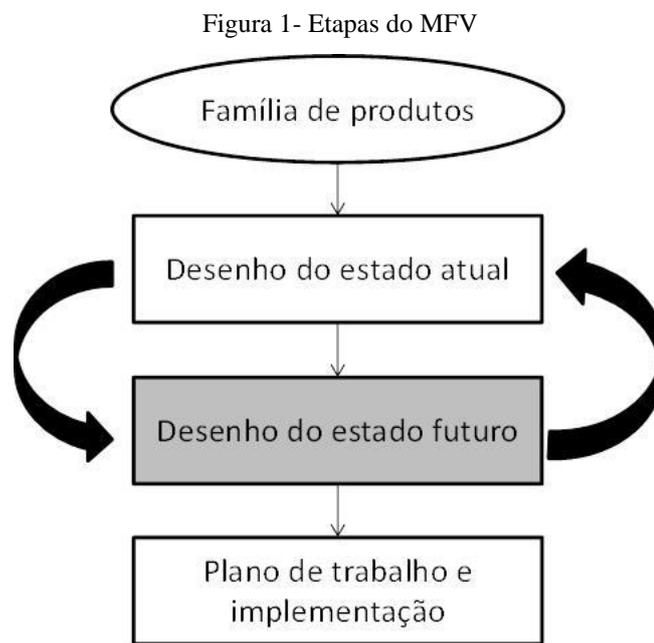
Rother e Shook (2003) destacam os algumas características principais da ferramenta, são elas: (i) Auxiliar a enxergar mais que simples processos individuais dando uma visão do fluxo; (ii) Ajudar no encontro das fontes de desperdícios no fluxo de valor; (iii) Proporcionar uma melhor comunicação entre os processos por meio do fluxo de materiais e informações; (iv) Usar um conjunto de técnicas enxutas e não, apenas, uma isoladamente; (v) Facilitar a implementação de um sistema enxuto de produção.

Em alguns casos, o desperdício é inevitável. Entretanto, o propósito do MFV é proporcionar a visualização de tais casos e avaliar se há a possibilidade de se reduzir ou eliminar o desperdício (Brown, Amundson e Badurdeen, 2014).

O mapeamento do fluxo de valor deve seguir, segundo Rother e Shook (2003), as etapas conforme apresentadas na Figura 1, são elas: Sendo elas: (i) Escolha da família de produtos; (ii) Desenho o estado atual: mapear o estado atual a partir de informações coletadas no chão da fábrica; (iii) Desenho o estado futuro: mapear o estado futuro, o que é feito a partir de melhorias de processo que foram estabelecidas; e (iv) Plano de trabalho e implementação: Preparar um plano que descreva quais as melhorias que devem ser realizadas.

Segundo Rother e Shook (2003), deve-se coletar algumas informações necessárias dos processos produtivos desenhados nos mapas de fluxo de valor. Essas informações, por sua vez, serão colocadas no desenho do MFV para uma melhor visualização. Os dados padrões devem conter os seguintes itens: (i) Tempo de ciclo (T/C): Tempo decorrido entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, registrado em segundos; (ii) Tempo de troca (T/TR): Tempo decorrido para alterar a produção de um tipo de produto para outro, o setup; (iii) Disponibilidade: Tempo disponível por turno de trabalho no processo, descontado os tempos de paradas e manutenções; (iv) Índice de rejeição: Índice que determina a quantidade de produtos defeituosos provenientes do processo; (v) Número de pessoas necessárias para operar o processo.

Para a completa análise e implementação de um fluxo de valor, Rother e Shook (2003) afirmam que o objetivo de mapear o estado futuro é destacar as fontes de desperdícios e eliminá-las implementando um “estado futuro” que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo. Abdulmalek e Rajgopal (2007) afirmam que o projeto de um estado futuro no MFV frequentemente está baseado na “crença”, com base na experiência de outras empresas, de que o desempenho vai melhorar. Porém, essa justificativa não é suficientemente convincente para muitos gerentes, que precisam de evidências quantitativas que realmente comprovem a viabilidade do estado futuro projetado.



Fonte: Rother e Shook (2003)

2.3 Adaptação do mapeamento do fluxo de valor para a manutenção

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial para sistemas enxutos, uma vez que permite às empresas enxergarem todo o fluxo de valor do seu processo produtivo. Ademais, atua como uma ferramenta de comunicação, planejamento e gerenciamento de mudanças, que direciona as tomadas de decisões das empresas em relação ao fluxo, possibilitando ganhos em indicadores de qualidade e produtividade interessantes. Esta ferramenta pode ser aplicada para mapear o processo de manutenção, tendo como finalidade principal a capacidade de identificar desperdícios nesta atividade, para assim utilizar processos da abordagem *Lean Maintenance* e eliminá-los (Elias *et al.*, 2011; Stadnicka e Antonelli, 2015; Ribeiro, 2017).

O MFVM inclui uma estrutura de novos símbolos para mapear falhas no processo de manutenção, bem como, é construído exclusivamente para avaliar as falhas de manutenção alterando as terminologias normais do MFV para calcular MMLT, MTTR, MTTO e MTTY da máquina de gargalo (Thiruvengadam, 2009; Sawhney, Kannan e Li, 2009).

Para utilizar o MFV na Manutenção, Kannan, Ahmed e El-Akkad (2007) realizaram algumas adaptações necessárias ao modelo tradicional, mas mantiveram os mesmos conceitos base. No MFV tradicional, utiliza-se parâmetros de tempo típicos dos processos produtivos: *Lead time*; Tempo de ciclo; Tempo de processamento (que agrega valor) (TAV); Tempo que não agrega valor (TNAV) e Tempo de mudança ou *setup*. No MFVM são utilizados os parâmetros de tempo apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos Parâmetros de tempos

Parâmetro	Nome		Descrição
MMLT	<i>Mean maintenance lead time</i>	Tempo total médio de manutenção	É o tempo decorrido entre o conhecimento da necessidade de efetuar um tipo de intervenção de manutenção num equipamento (ou numa parte dele) e a sua entrega, pronto a operar em condições normais, após a realização da intervenção. $MMLT = MTTO + MTTR + MTTY$
MTTO	<i>Mean time to organize</i>	Tempo médio de preparação	É o tempo médio requerido para preparar e planejar as tarefas da intervenção e obter os recursos necessários até se iniciar o trabalho operacional.
MTTR	<i>Mean time to repair</i>	Tempo médio de intervenção (reparação)	É o tempo requerido para realizar todas as tarefas de trabalho da intervenção (planeadas e não planeadas). É o equivalente ao lead time do processo no fluxo de valor da produção.
MTTY	<i>Mean time to yield</i>	Tempo médio de teste (aceitação)	É o tempo requerido para o equipamento ser testado e aceite como bom para operar (produzir peças boas), após terminado o trabalho da intervenção

Fonte: Kannan et al. (2007)

As definições dadas neste modelo permitem identificar quais os tempos que agregam valor (TAV) e os que não agregam valor (TNAV). Apenas o MTTR é considerado como TAV e os outros parâmetros de tempo MTTO e MTTY são TNAV, apesar de serem processos necessários.

- TAV = MTTR;
- TNAV = MTTO + MTTY.

Recorrendo a estes parâmetros, calcula-se o indicador de eficiência da manutenção, baseado no fator tempo, que posse ser expresso por Eficiência da Manutenção % = $MTTR / MMLT \times 100$ (Kannan et al., 2007; Barbosa et al., 2011).

Segundo Ribeiro (2017), identifica-se a cadeia de valor da manutenção e posteriormente, é necessário analisá-la com o intuito de avaliar as etapas envolvidas na criação de valor que a manutenção entrega aos seus clientes. Devem-se observar os processos de planejamento e controle das operações de manutenção, bem como todas as atividades diretas e de suporte, o que possibilita identificar o que realmente agrega com valor e/ou desperdícios.

Ribeiro (2017) afirma que o MFVM pode ser realizado para cada tipo de trabalho da manutenção, a fim de identificar as etapas que agregam valor, as que não agregam valor, mas são necessárias, e as que não agregam valor, mas são necessárias. A eliminação destas geram grandes economias de custo e tempo. O MFV do Estado Atual propicia um diagnóstico do sistema, que servirá de base para o Estado Futuro.

Segundo Kannan et al. (2007) e Ribeiro (2017), o MFVM deve ser a primeira ferramenta a se usar no *Lean Maintenance* e é uma técnica de mapeamento de fluxos de materiais e informações que desencadeiam os processos que permitem realizar a manutenção. Neste caso, os materiais são: o próprio equipamento e seus sistemas ou componentes e peças e outros materiais usados na intervenção. As principais informações são: pedidos de intervenção, ordens de trabalho, pedidos/requisições de materiais e serviços, ordens de compras a fornecedores, instruções técnicas de manutenção, registros históricos, documentos de inspeção.

Ademais, o MFVM auxilia a mostrar a outros fora da manutenção o que se passa em seus processos, apresenta onde é necessário o envolvimento no processo de manutenção e confiabilidade, ajuda a padronizar os trabalhos realizados, e cria senso de urgência para eliminar desperdícios (Rother e Harris, 2002; Womack e Jones, 2004; Ribeiro, 2017).

O tempo de imobilização para intervenções de manutenção ou “tempo total de manutenção” está para a manutenção, assim como o *lead time* está para a produção. É neste contexto - minimização do tempo total de manutenção – que o MFV tem aplicabilidade ao *Lean Maintenance* pela identificação e eliminação dos desperdícios de tempos de espera, atrasos, paradas e de atividades que não agregam valor, e assim permitem os processos de manutenção fluir sem interrupções (Kannan et al., 2007).

2.4 Pesquisas que implementaram MFVM

Com base na busca exploratória realizada, foram encontrados 9 trabalhos, que apresentam os métodos e/ou técnicas utilizados para a implementação do MFVM, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Portfólio Bibliográfico de pesquisas que aplicaram o MFVM

	Título	Autor(es)	Ano
[A]	<i>Design of preventive maintenance system using the reliability engineering and maintenance value stream mapping methods in PT. XYZ</i>	Sembiring, Panjaitan e Angelita	2018
[B]	<i>Machine Maintenance Scheduling with Reliability Engineering Method and Maintenance Value Stream Mapping</i>	Sembiring e Nasution	2018
[C]	<i>Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study</i>	Stadnicka e Ratnayake	2017
[D]	<i>Application of lean tools in the supply chain of a maintenance environment</i>	Fourie e Umeh	2017
[E]	<i>An application of value stream mapping for turnaround maintenance in oil and gas industry: Case study and lessons learned</i>	Wenchi et al.	2015
[F]	<i>A new tool for maintenance performance measurement using value stream mapping and time-driven activity-based costing</i>	En-Nhaili, Meddaoui e Bouami	2015
[G]	<i>Lean Maintenance Roadmap</i>	Mostafa, Dumrak e Soltan	2015
[H]	<i>Lean thinking for a maintenance process</i>	Mostafa et al.	2015
[I]	<i>A practical Method for Assessing Maintenance Factors Using a Value Stream Maintenance Map</i>	Thiruvengadam	2009

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

[A] A pesquisa utilizada a Engenharia de Confiabilidade e MFVM, usando dados tais como o intervalo de tempo de falhas dos componentes do motor, custo de oportunidade, custo do trabalho, custo do componente, tempo de reparo corretivo, tempo de reparo preventivo, MTTO, MTTR e MTTY.

[B] Este trabalho propõe um cronograma de manutenção preventiva para um componente crítico de uma máquina crítica, devido ao aumento da eficiência de manutenção. O Mapeamento do Fluxo de Valor da Manutenção e da Engenharia de Confiabilidade são usados como um método e uma ferramenta para analisar a confiabilidade do componente e reduzir o desperdício em qualquer processo por meio da segregação das atividades de valor agregado e não valor agregado.

[C] A pesquisa demonstra o uso da metodologia MFV em conjunto com outras ferramentas, que foram utilizadas em processos de manutenção de aeronaves para minimizar o tempo de serviço de manutenção e, posteriormente, minimizar os custos.

[D] Este artigo relata as ferramentas Lean que podem ser implementadas no ambiente de manutenção. Inicialmente, a abordagem utilizada foi mapear o processo atual da cadeia de

suprimentos por meio de um método padrão de MFV para identificar atividades não-Lean. Depois de mapear o estado atual, outras ferramentas Lean adequadas para o gerenciamento atual da cadeia de suprimentos foram aplicadas. Finalmente, os indicadores de desempenho foram formulados para revisão e avaliação contínuas.

[E] O projeto da Manutenção de *Turnaround* para uma usina de refinaria de Gás Natural Liquefeito (GNL) é como um estudo de caso. Este artigo desenvolve um mapa de estado atual e um mapa de estado futuro para explorar os resíduos e as causas raízes. O estudo de caso revela que, apesar de alguns desafios e limitações, o MFV é viável no projeto para melhorar a eficiência, identificando desperdícios no processo e orientando a melhoria de valor.

[F] A pesquisa contribuiu para estudos de *Lean Maintenance*. Os autores demonstraram como atividades de manutenção e seus desperdícios podem ser estudados para otimizar este processo. A metodologia seguida baseia-se no Mapeamento de Fluxo de Valor da Manutenção e a combinação entre a modelagem de custos utilizando TDABC e o indicador de *lead time* da manutenção. Os resultados da pesquisa são experimentados em multinacional montadora automotiva no Marrocos.

[G] O escopo deste artigo inclui oito tipos de desperdícios (atividades de manutenção sem valor agregado), mapeamento do fluxo de valor de manutenção e um esquema de práticas de manutenção enxuta. A saída deste documento é um roteiro proposto para aplicar o pensamento enxuto em um processo de manutenção. A manutenção enxuta é um pré-requisito para sistemas de manufatura enxuta.

[H] Os autores realizaram uma revisão bibliográfica sistemática sobre *Lean Maintenance* e propuseram um método para implementação desta abordagem, bem como desenvolveram uma Casa de Desperdícios para demonstrar a associação entre desperdícios da manutenção e as ferramentas do *Lean Maintenance*, com destaque para o MFVM. A estrutura do processo é construída com base nos princípios *Lean* para orientar e apoiar as organizações a buscar a excelência da manutenção.

[I] Nesta pesquisa, um método é proposto para avaliar os fatores de manutenção usando um mapa de fluxo de valor da manutenção (MFVM), permitindo a avaliação de fatores mensuráveis. Em seguida, é detalhado um método que incorpora o cálculo das métricas de manutenção e um MFVM.

Por meio da busca exploratória realizada, observou-se que nos trabalhos analisados em alguns deles houve a descrição das etapas e responsáveis para implementação da ferramenta. Outros, apenas citam o uso da ferramenta para uma melhoria a Manutenção por meio da implementação de uma metodologia de gestão, sem aplicá-la. Cabe destacar que o autor Mostafa apresenta dois trabalhos que relacionam a ferramenta com *Lean Maintenance*, porém não há aplicação da ferramenta, nem do método proposto para a implementação da abordagem.

3. Método

Para atender o objetivo principal do estudo, o método aplicado nesta pesquisa compreende duas etapas. Na primeira etapa, identificou-se na literatura, por meio de uma busca exploratória, os métodos e técnicas disponíveis para implementar a ferramenta MFV na manutenção. Em seguida, construiu-se o portfólio bibliográfico resultante na qual foi analisado e discutido.

A segunda etapa consistiu em realizar aplicação da ferramenta por meio de um estudo de caso em uma empresa sediada em São José, no Estado de Santa Catarina, que se destaca na fabricação de retrorrefletores prismáticos, tachas, tachões e formas injetadas em termoplástico para sinalização rodoviária. O objetivo desta etapa foi aplicar a ferramenta MFVM na empresa em questão.

Foram realizados levantamentos qualitativos e quantitativos, entrevistas não estruturadas com os colaboradores envolvidos no processo, visitas periódicas ao local para coleta de dados e aplicação do MFVM como método de identificação de perdas e fontes de ineficiência do processo de Manutenção. As etapas de aplicação do MFVM foram: (i) Confecção dos mapas do estado atual da Manutenção Preventiva e Corretiva, a partir dos dados coletados e (ii) Confecção dos mapas do estado futuro.

4. Resultados

4.1 Processo de manutenção na empresa

O departamento de manutenção da empresa é descentralizado. É responsável pela manutenção e conservação de todas as máquinas e equipamentos, assegurando o seu correto funcionamento, bem como a sua segurança e preservação. Desta forma, garante o correto funcionamento desses mesmos equipamentos por meio de manutenções preventivas e manutenções corretivas.

No setor de produção de injetados, existem constantes paradas para manutenções corretivas em moldes plásticos devido a vazamentos. Existe também a programação das injetoras ao início do dia, checagem do funcionamento do sistema de segurança antes de iniciar a operação, *setup* (troca dos moldes), manutenção preventiva e corretiva, quando necessário.

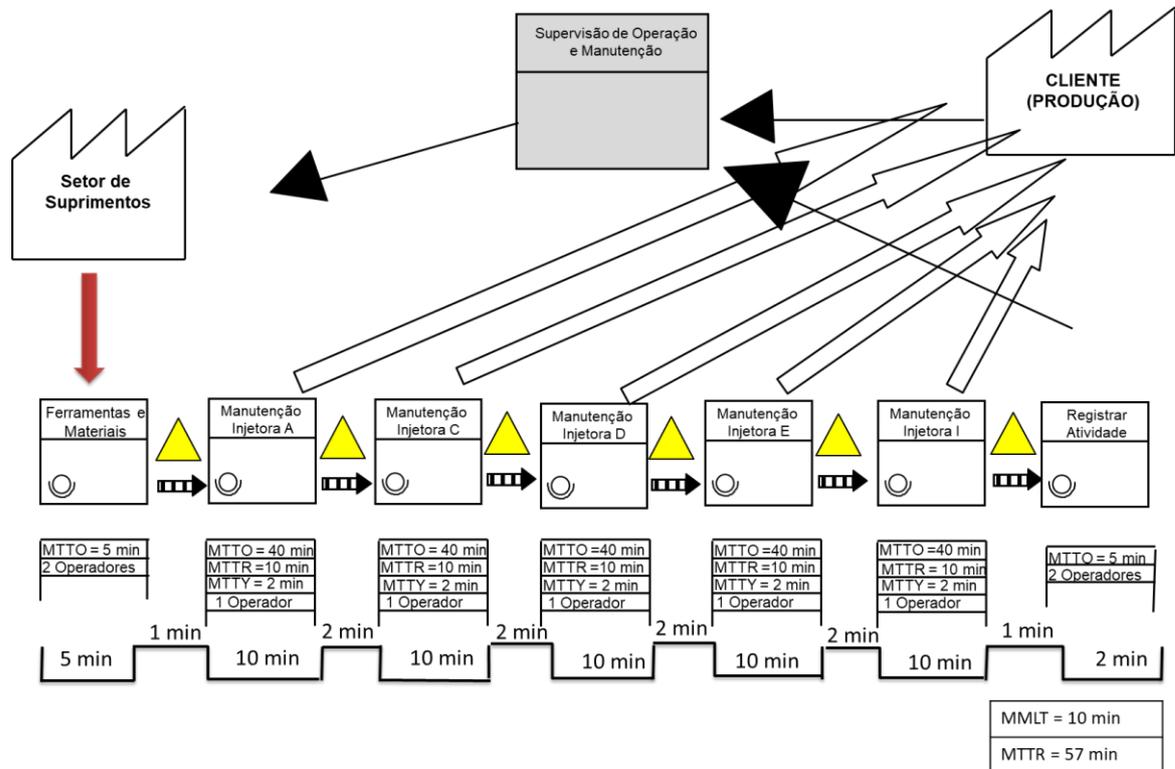
A ocorrência de paradas no setor agrava os resultados da produção e compromete as metas de itens produzidos, juntamente com a disponibilidade dos recursos. Para a empresa, um grande desafio é a redução de custos, em conjunto com o aumento da disponibilidade e confiabilidade do ativo.

4.2 Mapas do estado atual

Os dados foram coletados por meio da observação dos processos de Manutenção Preventiva e Corretiva, a mensuração desses dados foi realizada por meio da observação direta do fluxo de informação e documentos físicos *in loco* na empresa em estudo. Depois de coletados os dados, construiu-se o mapa de fluxo de valor no estado atual.

A Figura 2 apresenta o mapa do estado atual da Manutenção Preventiva no Setor de injeção da empresa estudada. Com base neste mapa, percebem-se desperdícios por espera no início e no fim do ciclo de trabalho. Nota-se também que uma operação somente é iniciada após o final da operação anterior, algumas poderiam ocorrer paralelamente. Ademais há um alto emprego do fluxo de informações manuais, devido à falta de um *software* de gestão da manutenção, constata-se que a gestão de recursos, que envolve tanto equipamentos, peças e mão de obra, fica prejudicada em função de um gerenciamento manual de grande parte dos procedimentos. O número de manutenções realizadas diariamente era principalmente comprometido devido às perdas por espera.

Figura 2 – Mapa do Estado Atual da Manutenção Preventiva

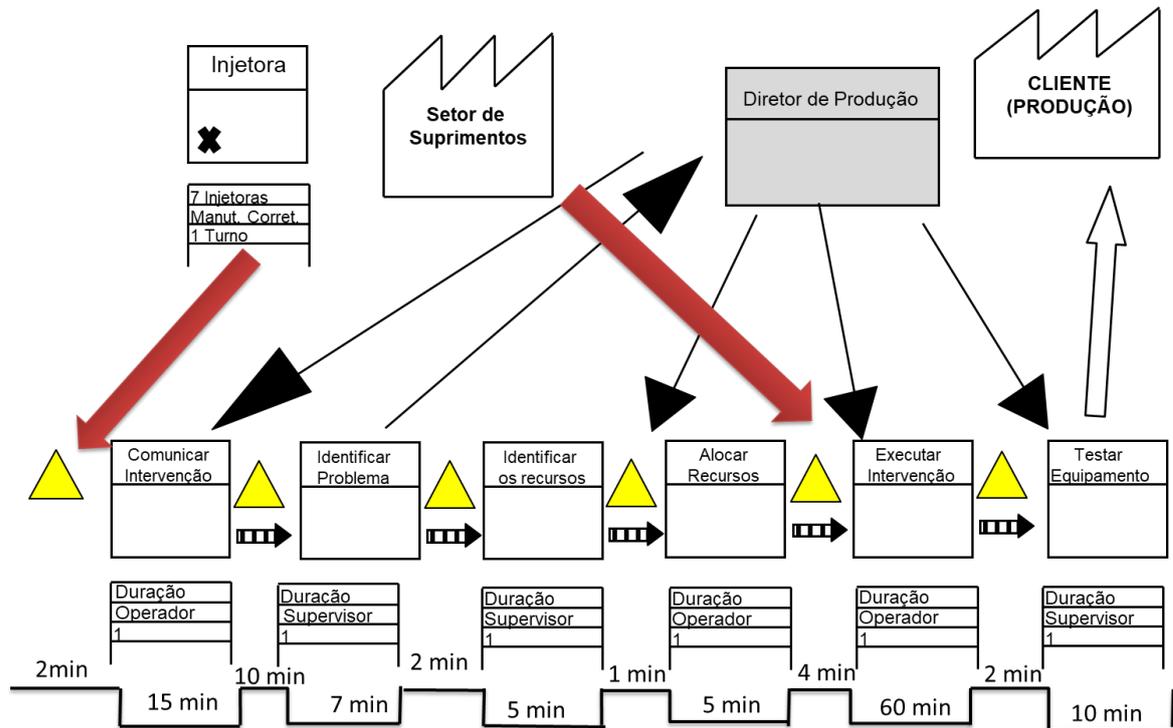


Fonte: Ribeiro (2017)

A Figura 3 apresenta o mapa do estado atual da Manutenção Corretiva no Setor de injeção da empresa estudada. Este mapa serve para entender a situação atual das intervenções corretivas no setor, a fim de identificar os atrasos e paradas que contribuem para o aumento do MMLT.

O mapa do Estado atual da Manutenção Corretiva serve apenas para se compreender a situação atual da família de intervenções, utilizando o desenho dos fluxos dos processos, materiais e da informação e, especialmente, identificar e quantificar os atrasos e paragens que contribuem para o aumento do MMLT (Kannan *et al.*, 2007).

Figura 3 – Mapa do Estado Atual da Manutenção Corretiva



MMLT = 21 min; MMTO= 32 min; MTTR= 60 min; MTTY= 10 min; E= 28,57%

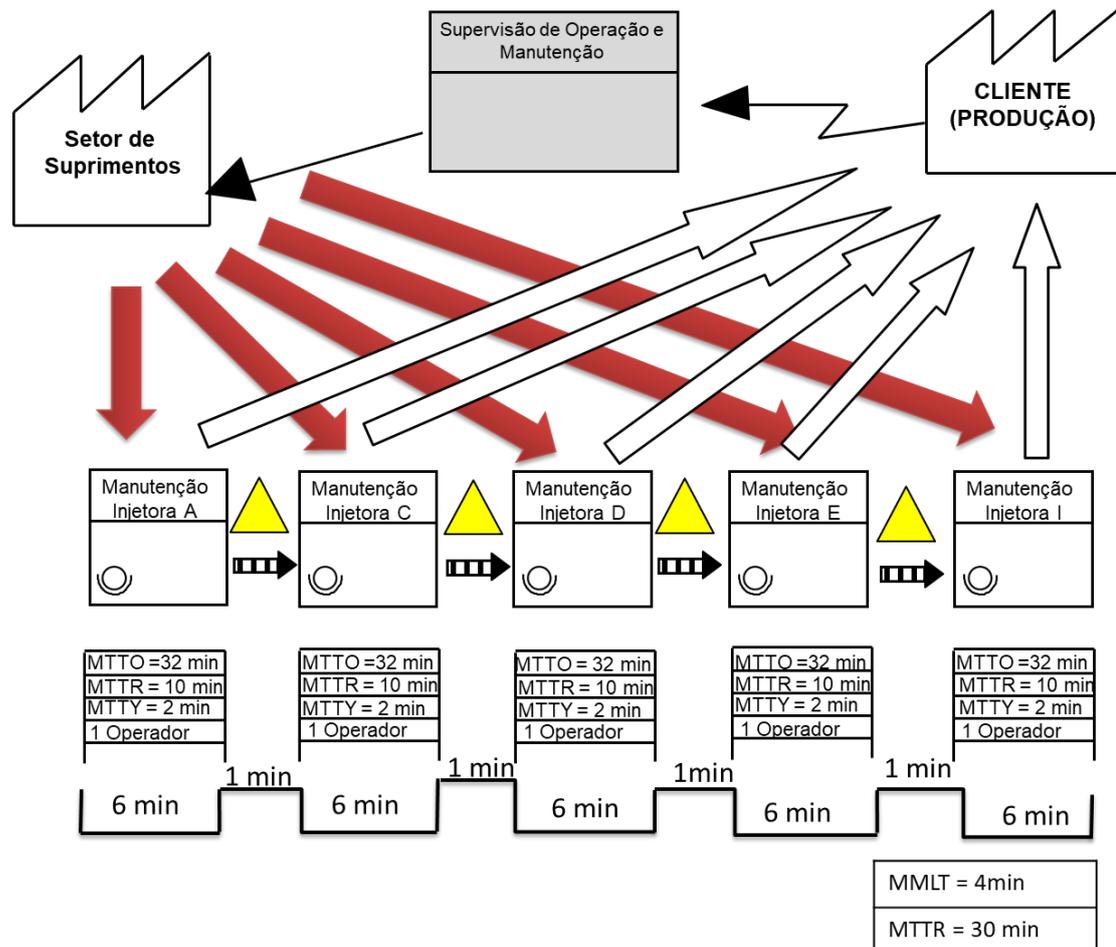
Fonte: Ribeiro (2017)

4.3 Mapas do estado futuro

Com base no mapa de estado atual, identificou-se várias oportunidades de melhorias. Para se melhorar o desempenho da manutenção da empresa e sua eficiência em termos de tempo, desenvolveu-se mapas que mostrem a situação desejável para o fluxo de valor da manutenção. A situação futura deverá responder as principais expectativas de melhoria destes processos esperadas pelo principal cliente, a produção (Kannan *et al.*, 2007; Ribeiro, 2017).

Por meio da análise do mapa da situação atual, apresentado na Figura 2 e do plano de trabalho e implementação, segue o mapa do estado futuro da Manutenção Preventiva na Figura 4. Os resultados positivos das mudanças podem ser comprovados por meio da redução dos valores de MMLT e MTTR. Comparando o MFVM do Estado Atual com o do Estado Futuro, pode-se verificar uma redução das perdas por espera e transporte, processos ocorrendo de forma paralela e o maior emprego de troca de informações por meio eletrônico.

Figura 4 – Mapa do Estado Futuro da Manutenção Preventiva

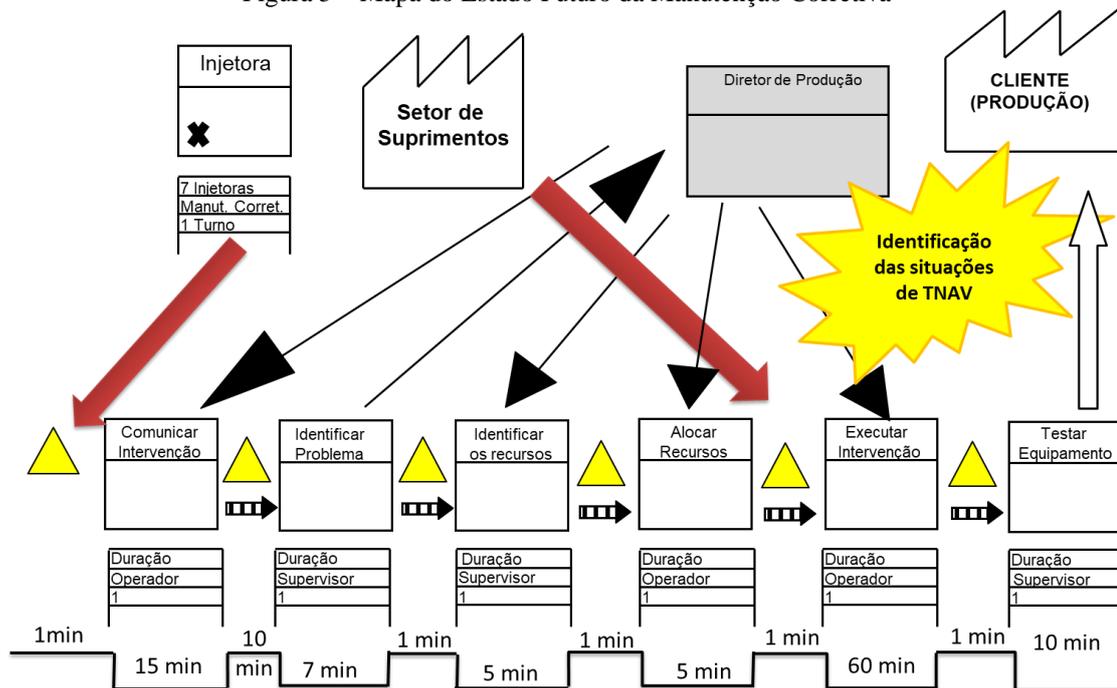


Fonte: Ribeiro (2017)

Para se melhorar o desempenho da manutenção e a sua eficiência em termos de tempo, tem de ser desenvolvido um mapa que mostre a situação desejável para o fluxo de valor, dentro de um prazo definido. A situação desejável deverá responder às principais expectativas de melhoria de serviço esperadas pelo(s) Cliente(s) da função MRO (Kannan *et al.*, 2007).

No Mapa do Estado Futuro da Manutenção Corretiva, mostrado na Figura 5, houve a identificação das situações que contribuíam para o TNAV. Também pode-se verificar uma redução das perdas por espera e transporte, processos ocorrendo de forma paralela. Observa-se também uma melhoria nos indicadores de manutenção, um aumento significativo no indicador de Eficiência da manutenção.

Figura 5 – Mapa do Estado Futuro da Manutenção Corretiva



MMLT = 15 min; MMTO = 32 min; MTTR = 60 min; MTTY = 10 min; E = 40%

Fonte: Ribeiro (2017)

5. Conclusões

Pode-se concluir que tanto os princípios quanto as técnicas de produção enxuta são aplicáveis aos processos de manutenção, por meio do *Lean Maintenance*. Neste sentido, o MFVM contribui significativamente para as tomadas de decisão sobre o fluxo atual e futuro dos cenários estudados, tornando a análise mais lógica e simples, abordando os princípios enxutos como um todo.

Este estudo de caso evidenciou a eficiência dos princípios enxutos, por meio da aplicação da ferramenta MFVM, uma vez que esta permitiu a identificação de desperdícios nos Processos de Manutenção Preventiva e Corretiva do setor de Injeção da empresa estudada, com propósito de promover a implementação de *Lean Maintenance*.

Segundo Kannan et al. (2007), MFVM deve ser a primeira ferramenta a usar se usar quando se pretende implementar *Lean Maintenance*, visto que só mapeamento do fluxo de valor e dos processos individuais, permitirá identificar eficazmente as potenciais oportunidades de melhoria e a forma de as abordar e, então sim, aplicar adequadamente outras ferramentas *Lean*. O MFVM “olha” para todo o fluxo de valor e não foca em processos individuais, permitirá, num curto período de tempo reduzir o *lead time* da manutenção.

Independentemente do tipo de atividade, reduzir desperdício dentro das empresas se tornou uma tarefa cada vez mais frequente. Com o objetivo de aumentar a produtividade, as organizações devem analisar todos os possíveis desperdícios e implementar abordagens voltadas à eliminação destes para assegurar competitividade no mercado, o mesmo se aplica à Função Manutenção (Barbosa *et al.*, 2011; Ribeiro, 2017).

A visão dos processos de manutenção dá a empresa uma compreensão mais clara da sua eficácia na satisfação das necessidades do cliente e também na realização do seu trabalho, o que permite nortear a implementação de abordagens e programas de redução de custos e de tempos de ciclos, de melhoria da qualidade do processo ou outros esforços para melhorar o desempenho organizacional (Barbosa *et al.*, 2011; Ribeiro, 2017).

REFERÊNCIAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1): 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Araújo, S. M. F. (2010). Implementação de um Sistema de Manutenção Lean na SNA Europe [Industries] S.A. Dissertação de Mestrado (Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Barbosa, N. L., Castro, S. I. M., Elias, S. J. B. & Tubino, D. F. (2011). Análise dos Processos de Manutenção Preventiva de Elevadores: Uma Abordagem Lean. Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Belo Horizonte – Minas Gerais.
- Bonamigo, A, Paimell, F. A. & Arbugeri, L. A. (2017). Implementação do VSM por meio do Conceito Toyota Kata. Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – CONBEPRO, Ponta Grossa – Paraná.
- Brown, A., Amundson, J., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. *Journal of Cleaner Production*, 85:164-179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.101>
- Dal Forno, A. J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & Kipper, L. M. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5-8):779-790. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5712-z>
- Elias, S. J. B., Oliveira, M., & Tubino, D. F. (2011). Mapeamento do fluxo de valor: um estudo de caso em uma indústria de gesso. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*, 4(1).
- Fourie, C. J., & Umeh, N. E. (2017). Application of lean tools in the supply chain of a maintenance environment. *South African Journal of Industrial Engineering*, 28(1):176-189. <http://dx.doi.org/10.7166/28-1-1507>
- Funegan, T. & Humphries, J. (2006). Maintenance gets Lean: Synergies for step change. *Industrial Engineer*, 38(10): 26-32.
- Gonçalves Filho, M., Da Silva, F. A., Machado, L., Oliveira, R.I., Silva, R. G., Santos, N. C. & Campos, F. C. (2015). Revisão Bibliográfica da Manutenção em Ambiente de Manufatura Enxuta. *Revista Espacios*. 36(07).
- Jahanbakhsh, M., Moghaddam, N. & Samaie, H. M. (2013). Lean maintenance (case study: Teen Dairy Industry Co.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4: 2033–2040.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2013). Sustainability: Orientation in maintenance management—Theoretical background. In *EcoProduction and Logistics*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23553-5_8

- Kannan, S., Li, Y., Ahmed, N., & El-Akkad, Z. (2007). Developing a maintenance value stream map. In *Institute of Industrial Engineers, Technical Societies and Divisions Lean Conference Proceedings*.
- Kardec, A. & Nascif, J. (2012). *Manutenção Função Estratégica (4ª Ed.)*. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abramam.
- Levitt, J. (2008). *Lean maintenance*. New York, NY: Industrial press.
- Mostafa, S., Dumrak, J. & Soltan, H. (2015). Lean maintenance roadmap. Proceedings of *2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, MIMEC2015, Bali, Indonesia.
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *Production & Manufacturing Research*, 3(1): 236-272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>
- Nunes, M. A. M. (2013). *Aplicação dos Princípios da Manutenção Lean na Indústria Farmacêutica*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Biblioteca Indústria & Serviços: Lidel-edições técnicas.
- Ribeiro, D. R. S. & Forcellini, F. A. (2017). Implementação de Lean Maintenance em processos de manufatura: Uma Revisão Bibliográfica Sistemática. Anais do *VII Congresso de Sistemas Lean*, Niterói, Brasil.
- Ribeiro, D. R. S. (2017). *Sistemática de implementação de Lean Maintenance para processos de manufatura com base na Abordagem Toyota Kata*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 178p. Florianópolis, Santa Catarina. 2017.
- Rother, M., & Harris, R. (2002). *Criando fluxo contínuo*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Rother, M & Shook, J. (2003). *Aprendendo a Enxegar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Salgado, E. G., Mello, C. H. P., Silva, C. E. S. D., Oliveira, E. D. S., & Almeida, D. A. D. (2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão e Produção*, 16(3): 344-356.
- Santos, L. C., Gohr, C. F., & dos Santos, E. J. (2012). Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre. *Revista Gestão Industrial*, 7(4). <https://doi.org/10.3895/S1808-04482011000400006>
- Sawhney, R., Kannan, S., & Li, X. (2009). Developing a value stream map to evaluate breakdown maintenance operations. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 4(3): 229-240.
- Sembinging, N., & Nasution, A. H. (2018, February). Machine Maintenance Scheduling with Reliability Engineering Method and Maintenance Value Stream Mapping. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1): 012095. IOP Publishing.
- Sembinging, N., Panjaitan, N., & Angelita, S. (2018, February). Design of preventive maintenance system using the reliability engineering and maintenance value stream mapping methods in PT. XYZ. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1): 012128. IOP Publishing.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*. Elsevier.
- Stadnicka, D., & Antonelli, D. (2015). Application of value stream mapping and possibilities of manufacturing processes simulations in automotive. *FME Transactions*, 43(4): 279-286.
- Stadnicka, D., & Ratnayake, R. C. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study. *Procedia Engineering*, 182: 665-672.
- Tapping, D., Luyster, T., & Shuker, T. (2002). *Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements*. Productivity Press.
- Thiruvengadam, A. (2009). *A practical method for assessing maintenance factors using a value stream maintenance map* (Doctoral dissertation, Wichita State University).
- Wenchi, S., Wang, J., Wang, X., & Chong, H. Y. (2015, September). An application of value stream mapping for turnaround maintenance in oil and gas industry: Case study and lessons learned. Proceedings of *31st Annual ARCOM Conference*, 7-9.

Wiegand, B., Langmaack, R., & Baumgarten, T. (2007). Lean Maintenance System Zero Maintenance Time–Full Added Value Workbook. *Lean Institute, Portsmouth USA*.

Womack, J.P. & Jones, D. T. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas – Lean Thinking – Elimine desperdícios e crie riqueza*. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro.