

## APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE REMANUFATURA

## APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING TOOLS: CASE STUDY IN A RE-MANUFACTURING INDUSTRY

Wilson de Castro Hilsdorf\* E-mail: [wicastro@fei.edu.br](mailto:wicastro@fei.edu.br)  
Ana Paula Vilas Boas Viveiros Lopes\* E-mail: [paulavlopes@fei.edu.br](mailto:paulavlopes@fei.edu.br)  
Caroline Cittatini\* E-mail: [ccittatini@gmail.com](mailto:ccittatini@gmail.com)  
Juliana Siqueira Ghisini\* E-mail: [juliana.siqueirag@gmail.com](mailto:juliana.siqueirag@gmail.com)  
\*Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, SP

**Resumo:** A crescente preocupação com o meio ambiente e destinação correta de produtos coloca a possibilidade da remanufatura de produtos como uma das diversas formas pelas quais os objetivos de sustentabilidade podem ser alcançados. O processo de remanufatura caracteriza-se por uma série de especificidades que o diferenciam da manufatura tradicional, tornando-o mais complexo e exigindo diferentes estratégias de gerenciamento como, por exemplo, o lean manufacturing. Neste cenário, este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação da filosofia do lean manufacturing no gerenciamento do processo de remanufatura. Para tanto, foi executado um estudo de caso em profundidade em uma empresa fabricante de peças automotivas que tem na remanufatura uma de suas estratégias de produção. Os resultados obtidos permitiram concluir que a filosofia lean contribui para a obtenção de ganhos de produtividade no processo de remanufatura, porém sua aplicação deve ser adaptada às características próprias desse processo.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta. Remanufatura. Economia circular.

**Abstract:** The growing concern with the environment and the correct destination of products poses the possibility of product remanufacturing as one of several ways in which sustainability objectives can be achieved. The remanufacturing process is characterized by a series of specifics that differentiate it from traditional manufacturing, making it more complex and requiring different management strategies, such as lean manufacturing. In this scenario, this study had as objective to evaluate the effectiveness of the application of the philosophy of lean manufacturing in the management of the remanufacturing process. In order to do so, an in-depth case study was carried out at a company that manufactures automotive parts that has in remanufacturing one of its production strategies. The results obtained allowed to conclude that the lean philosophy contributes to the achievement of productivity gains in the remanufacturing process, but its application must be adapted to the characteristics of this process.

**Keywords:** Lean Manufacturing. Remanufacturing. Circular Economy.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas empresas motivadas por leis governamentais, pela exigência dos consumidores que cada vez mais adquirem consciência ambiental, pela própria imagem corporativa resultante da adoção de ações em favor da preservação, ou ainda por

razões econômicas, estão adotando procedimentos em direção à conservação ambiental. Dentre as diversas maneiras em que ela pode ocorrer, destaca-se a remanufatura de produtos.

Remanufaturar é recuperar um produto descartado, quebrado ou usado às suas especificações originais por meio de processamento industrial, promovendo o reuso de materiais e melhorando sua qualidade e funcionalidade (BOUZON *et al.*, 2011).

Ainda que considerada a forma mais eficaz em relação à sustentabilidade e viabilidade econômica, trata-se de um processo que enfrenta muitos desafios. Entre eles, destacam-se a dificuldade em planejar, organizar sua produção e oferecer produtos de qualidade. Balancear o cumprimento do plano de vendas com o retorno de produtos a serem remanufaturados, criar uma rede de logística reversa efetiva e com janelas de recebimento bem definidas, são outros desafios a serem superados por essa indústria (GUIDE JR., 2000). Estas dificuldades diferenciam o sistema de remanufatura do tradicional, tornando-o mais complexo e exigindo diferentes estratégias gerenciais, como, por exemplo, o *lean manufacturing*.

A remanufatura de produtos é um aspecto relevante na literatura sobre economia circular, a qual prevê que os produtos sejam desenvolvidos, produzidos, utilizados e possam ser recuperados, com o intuito de reduzir a quantidade de matéria-prima extraída da natureza, bem como a diminuição de desperdícios (KURILOVA-PALISAITIENE, SUNDIN, POKSINSKA, 2018).

Segundo Kurilova-Palisaitiene, Sundin e Poksinska (2018), apesar de o tema *lean manufacturing* estar bem consolidado na literatura de manufatura, faltam pesquisas relacionadas especificamente à remanufatura.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia da aplicação da filosofia do *lean manufacturing* no gerenciamento do processo de remanufatura, considerando sua complexidade e características próprias. Para tanto, foi executado um estudo de caso em profundidade em uma empresa fabricante de peças automotivas que tem na remanufatura uma de suas estratégias de produção.

Este artigo é composto por seis capítulos, sendo o primeiro a introdução, que contextualiza o tema de pesquisa e apresenta o objetivo da mesma. Na sequência é apresentada a revisão de literatura, a metodologia utilizada, a descrição do caso estudado, os resultados obtidos e por fim as análises e conclusões.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Remanufatura

Conforme descrevem Bakshi e Fiksel (2003), a remanufatura no mercado de pós-consumo pode ser considerado o modelo de negócios que engloba todos os aspectos de sustentabilidade. Economicamente e ambientalmente, tanto para clientes, quanto para o produtor é uma prática bastante atrativa, uma vez que seu principal objetivo é a recuperação do valor residual que permanece na forma de material, energia e trabalho por meio da restauração e substituição de componentes danificados, assegurando ao conjunto a mesma finalidade, garantia e natureza que o original, porém demandando menor quantidade de matéria prima e insumos.

O mercado de pós-venda e as atividades de recuperação de produtos, apoiados pelo interesse por uma imagem sustentável e alinhados às demandas legislativas, a partir de 1980, segundo Kleindorfer, Singhal e Wassenhove (2005), ganharam visibilidade e importância, uma vez que a sociedade de forma geral passou a atribuir cada vez mais importância às formas que a indústria reusa, recicla e remanufatura os bens materiais, assim como a pressionar sob as consequências que seus produtos e serviços resultam para o ambiente.

Quando um produto apresenta alguma falha ou chega ao final de sua vida útil, o mesmo é descartado ou rejeitado pelo consumidor final e deve ser encaminhado para uma das opções de tratativa de produtos devolvidos. Segundo Parkinson e Thompson (2003), os seguintes cenários são possíveis para um produto descartado, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1** - Cenários para um produto devolvido



**Fonte:** Adaptado de Parkinson e Thompson (2003)

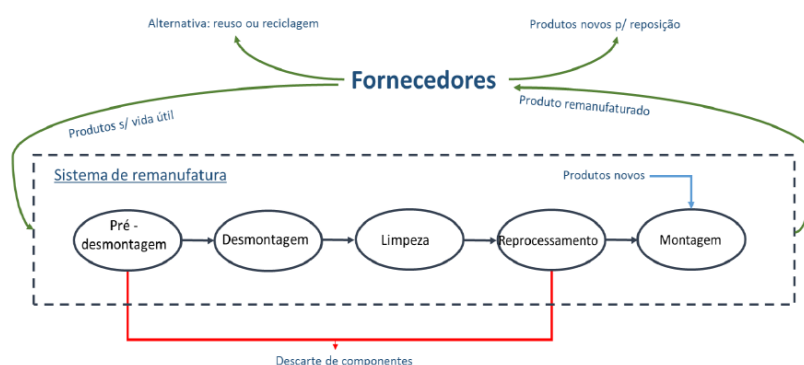
Dentre as três opções de cenários para o produto cuja vida útil chegou ao fim, a mais interessante, econômica e ambientalmente, é o processo de revalorização que objetiva recuperar seu valor residual e reprocessá-lo, podendo ser direcionado para reuso, reciclagem, incineração, compostagem e outros.

Segundo Parkinson e Thompson (2003), reuso pode ser definido como toda a forma de reutilização do produto, ou seja, continua-se a usar o produto sem que o mesmo seja submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas. Em contrapartida, na reciclagem alguns métodos ou tecnologias são utilizados para o reaproveitamento de um resíduo, por intermédio de um tratamento que altere suas características físico-químicas. Isto é, o produto é reduzido ao estado de matéria-prima e insumos para ser utilizado em outros processos.

Enquanto na remanufatura o produto é reprocessado de uma forma que a sua qualidade seja tão boa quanto a de um produto novo, o acondicionamento procura aumentar a vida útil do produto por um baixo custo para o consumidor, reparando-o em um nível que seja suficiente para seu funcionamento (BOUZON *et al.*, 2010).

Sundin (2004), defende em sua publicação que o sistema de remanufatura por si só é mais amplo e complexo que o processo de manufatura tradicional, pois além de envolver processos internos adicionais, a qualidade e quantidade da matéria prima recolhida influencia fortemente durante todo fluxo produtivo. Ainda de acordo com a mesma pesquisa, as etapas adicionais mencionadas anteriormente podem ser divididas em: análise do potencial do produto para remanufatura, desmontagem, limpeza, reprocessamento, substituição de componentes danificados, montagem e testes. A Figura 2 ilustra a importante integração entre o processo e os agentes externos que o influenciam.

**Figura 2 - Sistema de Remanufatura**



**Fonte:** Adaptado de Östlin (2008)

### 2.1.1 Etapas da remanufatura

O processo de remanufatura é dividido em operações, no qual uma peça por vez passa pelas estações de trabalho para realizar uma operação específica. Normalmente as operações de remanufatura são: desmontagem, limpeza, inspeção e triagem, reparo ou substituição de componentes, remontagem e teste (PARKINSON; THOMPSON, 2003), conforme apresentado na Figura 3.

**Figura 3** - Etapas da remanufatura



**Fonte:** Adaptado de Sundin (2004)

O processo de **desmontagem** abastece as entradas para as estações de trabalho, na forma de materiais e informações, como por exemplo, quantidade de peças a serem recuperadas, necessidade de compras de materiais, refugos, entre outros. De acordo com Guide Jr. (2000), a desmontagem não se trata apenas da operação inversa da montagem, isso porque a maioria produtos foram manufaturados somente para serem montados, ou seja, não havia preocupação com necessidade de desmontá-los depois.

A desmontagem completa do produto é importante para dar o aspecto de novo ao produto remanufaturado e é a atividade que mais gasta tempo no processo da remanufatura devido ao seu grau de complexidade (OIKO, SAAVEDRA, AMARAL, OMETTO, 2009).

A etapa de **limpeza** visa conseguir que as partes, após a desmontagem, possam obter as características físicas de um produto novo. Devido à sua complexidade, muitas vezes a limpeza necessita aplicar diversos métodos que possam ser usados em sequência ou ao mesmo tempo (OIKO *et al.*, 2009).

A etapa de **inspeção** avalia a “reusabilidade” de uma peça e sua possibilidade de ser reutilizada (PARKINSON; THOMPSON, 2003). Portanto, é nessa etapa que ocorre o descarte de peças e componentes que não poderão ser reaproveitados. Em seguida, as peças e componentes que podem ser reaproveitados são separados de acordo com suas condições e necessidades de reparo (CLEGG; WILLIAMS; UZSOY, 1995).

A etapa de **recondicionamento** consiste na recuperação de peças e componentes, envolvendo todos os tratamentos requeridos para fazer com que a peça ou componente volte às suas especificações atuais. Os tratamentos podem incluir tratamento de superfície, reparo mecânico ou elétrico, deposição de material, tratamento térmico, soldagem, revestimento em pó, pinturas em *spray* e cromadas (PARKINSON; THOMPSON, 2003). As partes que não podem ser adequadamente restauradas devem ser substituídas por novas para que o produto não perca suas especificações atuais (OIKO *et al.*, 2009).

A etapa de remontagem refere-se a nova montagem do produto remanufaturado. Nesta etapa final todas as peças e componentes que foram recuperados no processo de remanufatura são montados, formando o produto final, remanufaturado. A etapa de **testes** é necessária para garantir que o produto remanufaturado desempenhe, com similaridade, as mesmas características e funcionalidades de um produto novo (OIKO *et al.*, 2009).

## 2.2 Lean manufacturing

De acordo com Dennis (2008), os desafios enfrentados pela Toyota durante sua crise foram desanimadores: o mercado interno era pequeno e demandava grande variedade de veículos; após a Segunda Guerra Mundial, a economia japonesa estava carente de capital; outras fábricas estabelecidas de automóveis tentavam se instalar no Japão. A partir daí, surgiu a necessidade de se criar um novo modelo gerencial, nascendo, assim, o Sistema Toyota de Produção - STP ou Manufatura Enxuta (*lean manufacturing*), estruturado por Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota.

Manufatura Enxuta é a busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão de obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia (SHINOHARA, 1988).

Lean é uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos. A gestão lean procura fornecer, consistentemente, valor aos clientes com os custos mais baixos, através da identificação de melhoria dos fluxos de valor primários, e de suporte, por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2015).

Segundo Riani (2006), o lean manufacturing surgiu como um sistema de manufatura cujo foco é otimizar os processos e procedimentos por meio da redução contínua de desperdícios.

### 2.2.1 Os cinco princípios do *lean manufacturing*

Segundo Womack e Jones (2004), na Manufatura Enxuta existem cinco princípios que são considerados fundamentais na eliminação das perdas: identificação do valor, o fluxo do valor, fluxo contínuo, produção puxada, busca pela perfeição.

Para o Lean Institute Brasil (2015), a **identificação do valor** é o ponto de partida da Manufatura Enxuta. O valor do produto deve ser definido pelo cliente final, e não pela empresa. O produto deve ter requisitos que atendam às necessidades do cliente, além de possuir um preço específico e ser entregue em um prazo adequado.

O próximo passo, segundo o Lean Institute Brasil (2015), consiste no **fluxo de valor**. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: processos que efetivamente geram valor; processos que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados.

De acordo com o Lean Institute Brasil (2015), determinar o **fluxo contínuo** é uma tarefa difícil. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente um produto oferece à empresa oportunidade de atender à necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

O conceito da **produção puxada** consiste em produzir apenas aquilo que é necessário, quando for necessário. O Lean Institute Brasil (2015) afirma que as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor por meio de descontos e promoções para desovar estoques. Por fim, a **busca pela perfeição** deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos nos fluxos de valor. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência e eficácia, em busca da perfeição. Para isso, a empresa utiliza metodologias de melhoria contínua como Kaizen, ciclo PDCA e etc. (WOMACK; JONES, 2004).

### 2.2.2 As sete perdas do *lean manufacturing*

Perdas ou desperdícios são atividades que geram custo e não agregam nenhum valor ao produto, portanto devem ser eliminados (ANTUNES, 2008). Segundo Werkema (2012), a essência do *lean manufacturing* está na redução dos sete tipos de desperdícios, ou sete perdas, identificados por Taiichi Ohno. Estas perdas são: perdas por superprodução, perdas por espera, perdas por transporte, perdas por processo, perdas por fabricação de produtos defeituosos, perdas por estoque, perdas no movimento.

De acordo com Shingo (1996), as **perdas por superprodução** podem ocorrer devido à produção de quantidade excessiva ou pela produção antecipada em relação às necessidades dos estágios subsequentes da produção e do consumo. As **perdas por espera** consistem em períodos de tempo nos quais os trabalhadores e/ou as máquinas estão ociosos.

Para Shingo (1996), as **perdas por transporte** estão relacionadas diretamente a qualquer atividade de movimentação de materiais que geram custos e não agregam valor ao produto. As perdas por processo consistem nas atividades de processamento ou fabricação desnecessárias para que o produto ou serviço adquira suas características básicas de qualidade, visando à geração de valor para o cliente ou usuário (ANTUNES, 2008).

Segundo Antunes (2008), as **perdas por fabricação de produtos defeituosos** consistem na fabricação de peças e/ou produtos acabados fora da especificação de qualidade requerida pelo projeto, ou seja, que não atendem aos requisitos de qualidade necessários. **Perdas por estoque** consistem na existência de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produto acabado, gerando elevados custos financeiros e em relação ao espaço físico. As **perdas por movimento** consistem em movimentos desnecessários dos trabalhadores quando estes estão executando operações nas máquinas ou nas linhas de montagem.

### 2.2.3 Ferramentas do *lean manufacturing*

Dentre as ferramentas utilizadas pelo *lean manufacturing* destacam-se as seguintes como as mais relevantes para a análise do processo de remanufatura.



### 2.2.3.1 Kaizen

As empresas atualmente utilizam esta ferramenta com o objetivo de reconhecer e eliminar desperdícios existentes, a fim de aumentar a produtividade, seja em algum processo produtivo, em etapas de projetos, na elaboração de novos produtos, na manutenção de máquinas ou em processos administrativos, visando a satisfação do cliente interno ou externo. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 264), “O efeito é tanto reduzir a repetição do trabalho como aumentar a autonomia e as oportunidades de desenvolvimento pessoal (...)”

O funcionamento do Kaizen, pode ser entendido segundo o ciclo PDCA (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). A etapa número um, “*plan*” (planejar) representa uma etapa prévia ao evento, ou seja, um estudo da situação atual por meio da coleta e análise de dados. A etapa número dois, “*do*” (fazer) é a etapa onde o planejamento é posto em prática e as ações necessárias são implementadas. Etapa número três, “*check*” (checar) visa acompanhar e mensurar as ações implementadas, com a finalidade de evidenciar possíveis erros e sucessos. Por fim, a etapa número quatro, “*act*” (agir), cujo o resultado depende dos resultados obtidos pela verificação do estado futuro.

### 2.2.3.2 Mapeamento do fluxo de valor

De acordo com Rother e Shook (2003) os benefícios provindos da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, vão além da eliminação de desperdícios e otimização do fluxo de manufatura, sendo eles: a definição da real capacidade produtiva das máquinas e da fábrica como um todo; a estimativa real do *lead time* de produtos; a definição de custos envolvidos no processo; a disponibilidade de recursos; a elaboração de metas e planos de ação para melhorias identificadas; o fluxo de Informação; o fluxo de materiais; o fluxo da produção; a otimização do espaço físico; a redução do índice de retrabalho; a otimização do uso de equipamentos.

Rother e Shook (2003) definem como objetivo principal do mapeamento de fluxo de valor a necessidade de representar, identificar e implementar um cenário no qual a cadeia produtiva envolvida, liga-se com todos seus clientes por meio de fluxo contínuo, ou de produção puxada.

Segundo Rother e Shook (2003), a análise do fluxo de valor atual é essencial para a elaboração do mapa futuro de forma consistente e com diversas melhorias, eliminando fontes de desperdício. Para os autores, algumas etapas básicas devem ser cumpridas a fim de obter sucesso no mapeamento: acompanhar diretamente o fluxo de informação e de material; iniciar a análise a partir da expedição, e voltar para o início do fluxo; não tomar como base, tempos antigos e *lead time* de clientes.

### 2.2.3.3 TPM – Total Productive Maintenance

Entende-se por manutenção, a realização das reparações necessárias para evitar ou corrigir a deterioração e os desgastes da máquina ou de seus componentes. Uma boa manutenção deve assegurar todas estas operações a um custo global otimizado (CABRAL, 2006).

Segundo Souza (2013), a TPM é uma estratégia de gestão dos equipamentos concebida para alcançar eficiência máxima pelo envolvimento dos operadores. A TPM busca eliminar falhas, defeitos, perdas e desperdícios visando a eficiência máxima das máquinas e equipamentos, envolvendo a todos e a todos os níveis da produção. A TPM busca melhorar a estrutura da empresa em termos de materiais (máquinas, equipamentos, matéria-prima) e em termos humanos (aprimoramento, conhecimento, habilidades e atitudes dos profissionais).

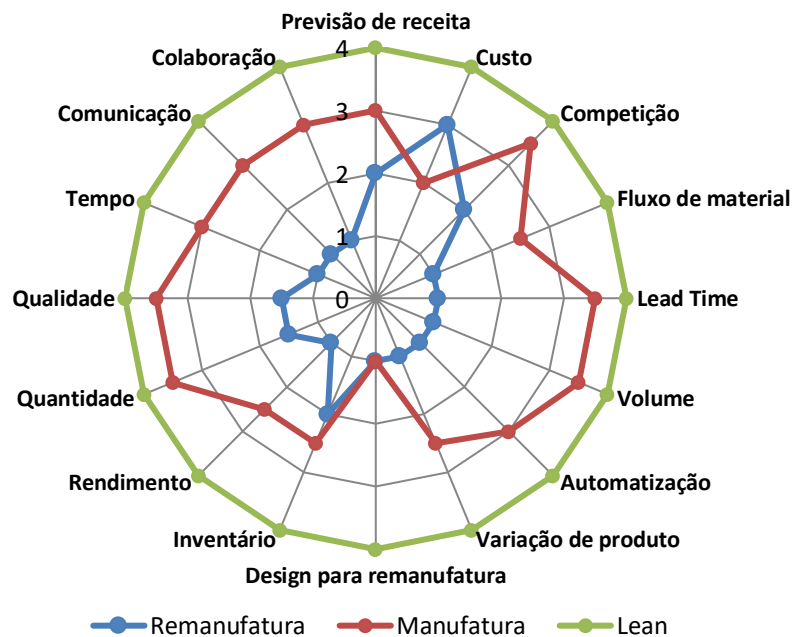
## 2.3 *Lean manufacturing* na remanufatura

De maneira geral, a eficiência do processo de remanufatura é inferior aos níveis da manufatura tradicional. A diferença entre remanufatura e manufatura se torna ainda mais evidente quando se compara o nível de certeza da quantidade, qualidade e momento em que o material é processado bem como finalizado (PALISAITIENE; SUNDIN, 2013). De acordo com Palisaitiene e Sundin (2013), as antigas tentativas de se aplicar o *lean* no processo de remanufatura foram desafiadoras devido às peculiaridades que o mesmo apresenta. Esses autores pesquisaram melhorias em sistemas de remanufatura e identificaram a necessidade de ganho de eficiência que poderiam ser alcançados por meio de conceitos de produção enxuta, como redução dos altos níveis de estoques, movimentação de materiais, fluxo de produtos e utilização do espaço.

Mesmo com todos os seus benefícios, a remanufatura não é muito explorada em termos que avanços da qualidade e produtividade nos últimos anos (KUCNER, 2008). Segundo Östlin (2008), filosofia *lean* é aplicável na manufatura tradicional por se tratar de processos padronizados, que são estáveis e previsíveis. Na remanufatura, este procedimento se torna mais complexo, uma vez que tal estabilidade e previsibilidade estão limitadas pelas variações em quantidade e qualidade da matéria prima recebida. Para Kurilova-Palisaitiene, Sundin, Poksinska (2018), o grande problema do processo de remanufatura é o *lead time* longo e instável, devido às incertezas que poderiam ser minimizadas por meio da aplicação do *lean manufacturing*.

É possível verificar o nível de proximidade da remanufatura e manufatura em relação ao *lean* na Figura 4.

**Figura 4** - Nível de proximidade entre manufatura, remanufatura e *Lean*



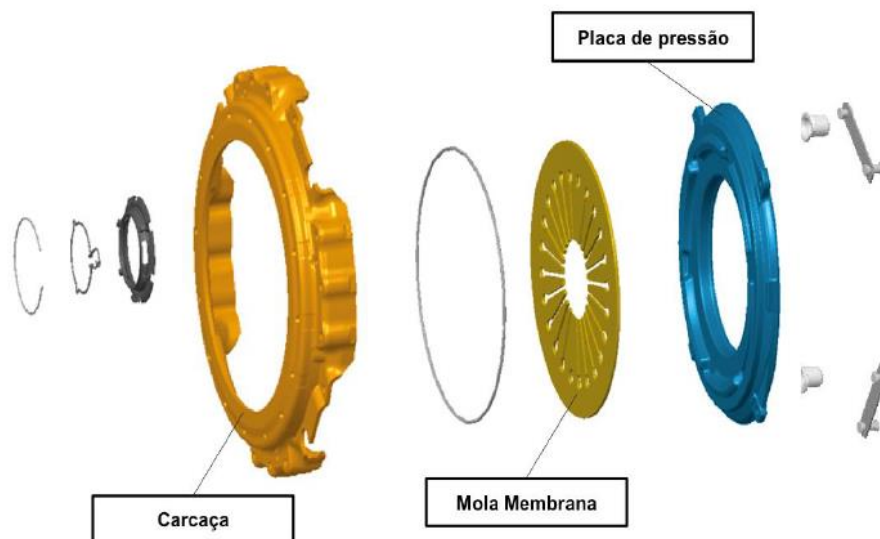
Fonte: Adaptado de Palisaitiene e Sundin (2013)

### 3 METODOLOGIA

A filosofia *lean* no processo de remanufatura é pouco estudada, especialmente em termos mais práticos, isto é, com o envolvimento da indústria. Desta forma, foi selecionada para este estudo uma empresa onde foi identificada a oportunidade de explorar a aplicação da filosofia *lean* em um processo de remanufatura.

Com a finalidade de preservar as informações confidenciais da empresa estudada, a mesma será referenciada como “*Empresa Alfa*”. A Empresa Alfa é uma multinacional alemã fundada em 1915 e desde sua chegada ao Brasil, em 1958, registra um forte crescimento na América no Sul. Atualmente é considerada líder global no segmento de sistemas de transmissão (embreagens) e direção, tecnologia de chassis e sistemas completos de eixo, contando com 122 unidades de produção em 26 países. Encontra-se entre as 10 primeiras do ranking dos maiores fornecedores mundiais da indústria automobilística, voltando suas atividades tanto para a manufatura tradicional quanto para o *after market*. A embreagem, um dos principais produtos fabricados pela empresa, é considerada um subcomponente do sistema de transmissão manual do motor, e está localizada entre o motor e a caixa de câmbio. Sua principal função é transmitir o torque e permitir a troca de marchas. O sistema de embreagem é composto por 3 conjuntos: platô, disco e mancal. A Figura 5 ilustra a vista explodida do platô, conjunto a ser estudado.

**Figura 5** - Componentes do platô



**Fonte:** Empresa

A empresa aplica ferramentas *lean* em algumas células de sua produção, porém no setor de remanufatura, essa filosofia ainda não era praticada. Para a coleta de dados, foram utilizados como fonte de informação entrevistas com gestores e colaboradores, documentos e registros, participação no evento *Kaizen* e a observação direta.

Tendo em vista as metodologias disponíveis para implementação de projetos de melhoria contínua e otimização dos processos verificou-se a oportunidade da realização de um evento *Kaizen*, com o objetivo de conhecer o fluxo produtivo e de informação, bem como identificar oportunidades de melhorias. O evento teve a duração de três dias e estavam presentes, além dos integrantes do grupo de pesquisa, o *Black Belt* da empresa, gestores e colaboradores da área. No primeiro dia os integrantes do evento foram apresentados, o grupo recebeu um treinamento sobre os conceitos básicos de *lean*, e sobre as principais atividades realizadas no setor. Também foi distribuído questionário aos colaboradores com objetivo de coletar sugestões de oportunidades de melhoria no processo.

No segundo dia do evento foram recolhidos os questionários respondidos pelos colaboradores. Em seguida as respostas foram compiladas, identificando células críticas de trabalho que necessitavam de melhorias e qual era o gargalo da operação. Além disso também foram realizadas as tomadas de tempo na linha de produção estudada.

No terceiro dia, a fim de atingir o objetivo do evento foi realizado o mapeamento do fluxo de valor do estado atual do processo de remanufatura do platô. Por intermédio do mapeamento e com todas as informações obtidas, foi possível realizar *brainstorming*, para identificar possíveis oportunidades de melhoria.

#### **4 DESCRIÇÃO**

O processo de remanufatura tem início pela captação de produtos que atingiram o término de sua vida útil, provindo de três entradas: distribuidores e frotistas, montadoras e sucateiros. O material recebido deve ser separado conforme sua qualidade e modelo por meio de inspeção visual e estocado até o momento do seu retrabalho.

A primeira etapa é realizar a desmontagem, dando origem aos componentes placa de pressão, carcaça, mola membrana e componentes não remanufaturáveis. Em seguida é realizada a limpeza pelo jateamento, e então, cada componente segue um fluxo de operação envolvendo inspeção e retrabalho.

## 4.1 Especificidades da remanufatura na empresa estudada

Conforme abordado pela literatura, os processos de remanufatura possuem características próprias que os tornam mais complexos se comparados com o processo de manufatura tradicional. Durante a fase de entrevistas e observações diretas na empresa estudada todas as características complicadoras identificadas no referencial teórico foram encontradas, em maior ou menor grau de intensidade.

Incerteza relacionada ao tempo e à quantidade de retorno de produtos

A Empresa Alfa possui três formas de receber os componentes para remanufatura, sendo elas via distribuidores e frotistas, da compra de sucatas e da devolução de peças em garantia pelas montadoras. As quantidades bem como o período de recebimento dessas fontes variam de acordo com a captação de carcaças no mercado e o seu *lead time* de entrega. Muitas vezes distribuidores, frotistas e montadoras entregam suas sucatas em diferentes momentos. Distribuidores, por recolherem do mercado embreagens já utilizadas em diversos ambientes e submetidas a condições diferentes, geralmente entregam peças mais desgastadas se comparadas com aquelas vindas de montadoras e frotistas que possuem o hábito de efetuar a troca conforme recomendação do fabricante por meio da manutenção preventiva de seus veículos.

Balanceamento da demanda com o retorno

Os pedidos de vendas são programados muitas vezes sem que o material a ser remanufaturado tenha sido recebido. Outro fator complicador para o balanceamento da linha relaciona-se ao material enviado por distribuidores e frotistas que informam o envio de determinado modelo que não corresponde ao efetivamente entregue. Além disso, por razões inerentes ao processo, muitas vezes os componentes não são 100% reaproveitados, pois apresentam desgastes. Desta forma, é necessário captar sucata de fontes externas (compras), que é um mercado restrito.

### Desmontagem

O platô de embreagem não possui muitos detalhes ou componentes sensíveis capazes de serem danificados no processo e, portanto, a desmontagem não envolve muitos riscos. No entanto, esta operação é considerada o gargalo do processo, pois não é uma operação padronizada e demanda alto tempo de processamento em máquina.

### **Diferenças na qualidade das peças retornadas**

A incerteza da qualidade do material recebido para ser remanufaturado, é o principal fator complicador enfrentado pela empresa, pois esta especificidade interfere diretamente no planejamento da linha da produção, sendo muitas vezes necessário desmontar mais conjuntos do que o previsto no plano de vendas. Além disso, o programador deverá solicitar a compra de carcaças de sucateiros para suprir a diferença entre o material desmontado e o aproveitado. Este problema, além de refletir no nível de produtos armazenados, pois frente a necessidade apresentada a empresa superdimensiona seu estoque de segurança, também diminui a rentabilidade, pois caso não haja sucata suficiente para suprir a demanda de produtos prevista serão utilizados componentes novos que possuem maior valor agregado e, conseqüentemente, maior custo. Como já mencionado, a vida útil do produto, os meios aos quais os mesmos são submetidos e sua condição de uso e conservação interferem diretamente na qualidade que o mesmo irá apresentar. Produtos não aproveitáveis são destruídos dentro da própria empresa para que não cheguem novamente aos sucateiros e retornem à empresa como produto para reposição.

### **Logística reversa**

O processo de logística reversa é complexo, pois envolve seleção e quantidade de fornecedores, locais e períodos de coleta. Não há uma rotina definida em relação ao retorno dos produtos, uma vez que os fornecedores entregam as sucatas em períodos distintos. Em diversos momentos a linha chega a ser paralisada, pois o material não foi entregue.

### **Restrições de materiais equivalentes**

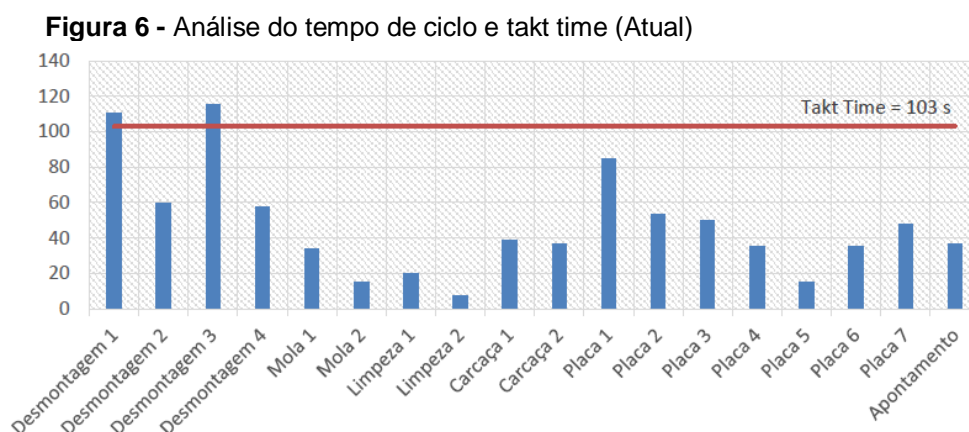
Ao receber um produto para ser remanufaturado, este deveria ser devolvido montado com seus próprios componentes. Porém, devido ao processo de remanufatura na Empresa Alfa ser realizado em grande escala, implementar um controle unitário em relação a cada componente torna-se inviável. Assim, garante-se apenas a entrega de uma embreagem de qualidade, independente do componente que será utilizado para sua montagem.

## Incerteza de rotas e tempo de processamento

Esta incerteza relaciona-se com etapas complementares que devem ser realizadas dependendo do nível de desgaste que os componentes apresentam. Há etapas de processamento para os desgastes previstos e que podem ser atenuados, por exemplo, por meio de retífica, sem interferir na qualidade final do conjunto montado.

### 4.2 Mapeamento de fluxo de valor estado atual

O mapeamento de fluxo de valor atual, encontrado no anexo A, foi elaborado respeitando as delimitações do processo (entradas e saídas), o fluxo produtivo e também o fluxo de informação, considerando principalmente a interatividade entre o setor produtivo e as áreas de compras, vendas e planejamento de produção. Atualmente o setor opera em dois turnos e conta com aproximadamente 410 minutos livres por turno para trabalho, já descontando horário de almoço, necessidades fisiológicas e limpeza. Dados fornecidos pela empresa, indicam demanda média de 10.516 peças por mês. Considerando que um mês possui 22 dias úteis, e que a média de desmontagem é de 239 peças/turno, chega-se a um *takt time* de 1 minuto e 43 segundos por conjunto. A Figura 6 mostra a relação entre os tempos de ciclo de cada operação com o *takt time* do conjunto.



Fonte: Empresa



### 4.3 Problemas identificados

Finalizado o mapeamento do estado atual, realizou-se um *brainstorming* com a participação de todos os envolvidos no evento *Kaizen*, a fim de avaliar melhorias para os problemas identificados com foco na eliminação de desperdícios identificados ao longo do fluxo de produção. O Quadro 1 mostra os problemas identificados, onde estão localizados o desperdício envolvido e a pontuação segundo critério de priorização estabelecido, sendo que a pontuação atribuída está relacionada ao grau de impacto direto no sistema produtivo: 3 representa a possibilidade direta de ganho de produtividade otimizando o setor; 2 a oportunidade ao eliminar desperdícios em setores que possuem inter-relação com a remanufatura; e 1 o ganho de produtividade indireta.

**Quadro 1** - Problemas identificados

Desperdício	Problemas	Setor envolvido	Prioridade
Superprodução	Falta de sincronismo entre produção e demanda (desmontagem de componentes acima do plano de vendas)	Produção	3
Espera	Alocação de MP em diversos locais	Estoque	2
	Falta de padronização para armazenagem de MP	Estoque	2
	Alta indisponibilidade de máquinas	Manutenção	3
Transporte	Layout ineficaz do setor de desmontagem	Desmontagem	3
Processo	Atividade realizada sem conhecimento do objetivo	Usinagem	3
	Gargalos de produção	Desmontagem	3
	Desmembramento de atividades em duas etapas	Produção	3
Produto defeituoso	Problemas com a qualidade da MP recebida	Recebimento	2
	Processamento de componentes defeituosos	Produção	3
Estoque	Estoque de materiais para produtos com baixa demanda	Estoque	2
	Desmontagem de componentes por similaridade	Desmontagem	3
Movimentação	Movimentação desnecessária	Desmontagem	1

Fonte: Empresa

#### 4.3.1 Perdas por superprodução

Falta de sincronismo entre produção e demanda (Desmontagem de componentes acima do plano de vendas)

Esta perda origina-se a partir da incerteza em relação a qualidade da matéria prima e falta de sincronização entre demanda e produção em termos de quantidade e tempo. Havia um paradigma na empresa adotado pela área de planejamento de que o índice de aproveitamento dos componentes de platô era de cerca de 70%. No entanto, ao realizar acompanhamento mensal, verificou-se que o índice real era superior a 77%. Levando em consideração a demanda média mensal de 10.516 conjuntos, concluiu-se que acabam sendo produzidas 8.833 unidades a mais por ano, sem necessidade. Este ajuste deve proporcionar redução do custo de estocagem e otimização de espaços. Em diversos momentos foi observado também desmontagem de conjuntos sem previsão de montagem. Para solucionar este problema, identificou-se a necessidade da implementação de um sistema puxado onde coexistem os conceitos de *Kanban*, *Heijunka* e supermercado. No sistema *Just in Time*, o supermercado é responsável por indicar quais itens deverão ser produzidos. Esta informação é levada à produção por meio de cartões *Kanban*, garantindo que a movimentação ocorra em quantidade e momento certo, além da sua reposição no estoque. Ademais, foi necessária a implantação do quadro *Heijunka* com o objetivo de distribuir ao longo do tempo de forma uniforme os volumes e variedades dos produtos disponibilizados, atendendo as exigências do cliente e evitando o excesso de estoque.

#### **4.3.2 Perdas por espera**

##### **Alocação de matéria prima em diversos locais**

Na Empresa Alfa há quatro estoques distintos de matéria-prima estando o principal localizado no próprio setor de remanufatura e os demais em outras áreas da fábrica. A falta de um estoque único acarreta à produção paradas por falta de material para abastecer a linha, uma vez que o sistema de informação da empresa não informa a localização exata dos componentes. O caso mais crítico acontece na busca de matéria prima no estoque 3, que apresenta pior condição de organização, na qual um operador logístico chega a perder 40 minutos para encontrar o material requisitado e voltar para a linha. Como forma de minimizar perdas decorrentes da espera por matéria-prima sugeriu-se a unificação dos estoques.

### **Falta de padronização na armazenagem da matéria-prima**

Além de coexistir diversos locais para estocagem, os mesmos não possuem qualquer padrão definido em relação a alocação, identificação de modelos ou organização. Em um dos estoques os contenedores são empilhados diretamente um sobre os outros, com curta distância entre as fileiras. Em outras áreas o material armazenado no contenedor não corresponde ao modelo identificado externamente. A sugestão para solução deste problema consiste na aplicação da ferramenta 5S, promovendo a liberação de áreas com a realização de inventário e descarte de itens obsoletos, permitindo a reorganização dos estoques. Também foram implementadas identificações em cada fileira do armazém e em cada contenedor foi fixado uma amostra do conjunto armazenado, permitindo uma economia de aproximadamente 10 minutos na procura por material.

### **Alta indisponibilidade de máquinas**

A operação de limpeza, juntamente com a de recebimento serve como *input* para o processo. Desta forma, sua paralisação refletirá diretamente na produtividade das demais etapas. Analisando a disponibilidade das máquinas do setor observa-se que a operação de limpeza é o gargalo e operou apenas 90,50% do tempo no período estudado. A fim de verificar os motivos da baixa disponibilidade do equipamento responsável por realizar a limpeza dos componentes, teve-se acesso aos dados do período em consideração referente ao *Overall Equipment Effectiveness* - OEE, indicador utilizado pela empresa como medida de desempenho. Analisando-se os dados pode-se observar que as paradas não programadas devido à necessidade de realização de manutenção corretiva na máquina representam a maior perda, cerca de 34% do tempo. De posse deste dado foi possível realizar uma investigação junto ao setor de manutenção, a fim de verificar as falhas ocorridas e suas causas potenciais. Como resultado da análise verificou-se que cerca de 80% das paradas eram causadas por falhas mecânicas e elétricas simples ou de desgastes, capazes de serem solucionadas pelos próprios colaboradores, se treinados, ou capazes de serem evitadas pela manutenção preventiva. Além disso, de posse dos dados fornecidos pela manutenção o tempo que a máquina fica parada, seja esperando conserto, seja para solucionar a causa da falha é de aproximadamente 210 minutos, chegando a paralisação de um

turno interno em casos extremos. Chegou-se, portanto, a conclusão de que para minimizar este problema, torna-se viável a implementação do TPM. Com implementação deste projeto estimou-se que será possível minimizar as paradas não programadas da operação de limpeza com um aumento da sua disponibilidade para 97,7%.

### **4.3.3 Perdas por transporte**

#### ***Layout* ineficaz na desmontagem**

O *layout* é ineficaz, uma vez que a célula de desmontagem manual está distante da entrada da próxima célula de trabalho. Atualmente, o colaborador desmonta cinco conjuntos e os mantém em um carrinho de movimentação. Ao completá-lo, ele é deslocado até o estoque de entrada da operação de limpeza. O tempo médio observado para esta movimentação é de 2 minutos. Foi proposto posicionar a célula de desmontagem manual mais próxima da célula da limpeza.

### **4.3.4 Perdas por processo**

#### **Atividade realizada sem conhecimento do seu objetivo**

O processo de remanufatura envolve etapas incomuns à manufatura tradicional com o objetivo de recuperar e redimensionar componentes de forma a garantir sua funcionalidade. As especificações dos produtos da Empresa Alfa são antigas e passam por reformulação, pois verificou-se a necessidade de tornar o fluxo mais enxuto. O processo foi reavaliado com o objetivo de localizar etapas com potencial para serem eliminadas, o que resultou na eliminação da atividade identificada no mapa do fluxo de valor como “placa 7” diminuindo o tempo de processamento do produto em 47,55 segundos. Esta redução representa aproximadamente 6% do tempo de ciclo total inicial.

#### **Gargalos de produção**

A desmontagem do conjunto é realizada em tornos CNC e prensas em duas etapas, separando placa de pressão, carcaça e mola membrana. Em ambos os tornos se utilizam coordenadas angulares para promover a desmontagem (fura-se cada rebite individualmente através do deslocamento angular do ferramental). A sugestão é

realizar este mesmo procedimento por meio do deslocamento em forma de coordenadas polares, apenas alterando a programação do equipamento. Esta mudança deve acarretar a diminuição do tempo de ciclo das operações “Desmontagem 1” e “Desmontagem 3” em 12%.

#### **Desmembramento de atividades em duas etapas**

A operação “Limpeza 1” é realizada atualmente em dois ciclos totalizando 19,52 segundos por peça. Constatou-se que o mesmo, se realizado em duas etapas distintas, traria maiores benefícios. A aparência dos conjuntos influencia decisivamente no processo desde a conferência da matéria prima no recebimento, quando a mesma recebe classificações de acordo com sua condição. Assim, promover a limpeza prévia dos conjuntos para posterior classificação, auxiliaria na tomada de decisão quanto ao critério adotado. Esta ação implementada reduziu o tempo de ciclo da operação “Limpeza 1” em 50%. Em outra operação as molas são limpas e armazenadas temporariamente em contenedores, não ocorrendo a separação por modelo. Ao completá-lo, o contenedor é enviado para o responsável por sua separação, inspeção e acabamento. Propõe-se a separação prévia das molas ao finalizar a etapa “Limpeza 1”, reduzindo assim o tempo de ciclo da operação “Mola 1” também em 50%.

#### **4.3.5 Perdas por produtos defeituosos**

##### **Problemas com a qualidade da MP recebida**

Quando do recebimento, cada conjunto deve ser avaliado individualmente sendo atribuído a cada um deles uma classificação em relação ao seu modelo e nível de desgaste. Esta classificação é importante, pois define o valor que será pago pelo material. Como não havia referência de padrão para essa classificação verificou-se que o valor de aquisição era muitas vezes superestimado. Para melhorar a assertividade da classificação, foi elaborado um *book* que foi disponibilizado no setor contendo ao todo 36 possíveis defeitos referentes ao platô de embreagem que foi utilizado para treinamento dos colaboradores que executam a tarefa. Com isso estimou-se redução de cerca de 13% no custo de aquisição desses conjuntos.

### **Processamento de componentes defeituosos**

Em todas as etapas do processo pode ocorrer algum tipo de defeito. Os principais são as trincas, desgastes excessivos, corrosão e quebras. Nas células até então, havia orientação das atividades a serem realizadas a fim de reaproveitar componentes, porém não havia um padrão de desgastes rápido e visível, o que acarretava muitas vezes em gastos desnecessários uma vez que itens danificados eram enviados para etapas seguintes apenas consumindo matéria prima e mão de obra. Assim como no recebimento, foi confeccionado um *book* no qual os descartes são divididos de acordo com o tipo de defeito e foram catalogadas diferentes formas que os mesmos podem se apresentar para os três componentes do platô: placa, mola membrana e carcaça. Ao todo são 87 tipos de defeitos que podem ser observados. Com isso foram treinados os colaboradores, sendo obtida maior assertividade na classificação da qualidade dos componentes.

### **4.3.6 Perdas por estoque**

#### **Estoque de materiais para produtos com baixa demanda**

Um dos principais problemas observados ao analisar dados referentes a estocagem de materiais para remanufatura na Empresa Alfa, está relacionado ao fato de que são recebidos diariamente diversos modelos de embreagens, assim como são compradas em grande quantidade sucatas capazes de suprir um hipotético descarte sem levar em conta a necessidade da produção. Uma vez que há a necessidade de estoque maior do que no sistema tradicional devido às incertezas do processo, definir um nível adequado dentro do sistema de remanufatura é bastante complicado. Como melhoria sugeriu-se o aumento do período de previsão de demanda de um para três meses e um maior controle das compras de materiais o que resultou em redução de aproximadamente 13% nos níveis de estoque.

#### **Desmontagem de componentes por similaridades**

Dentro de uma família de produtos, há sutis diferenças entre um e outro modelo, que não interferem no processo de remanufatura, porém alteram o seu fluxo. Entende-se por produto similar aquele que possui um dos componentes de sua lista

técnica igual a outros. A desmontagem por similaridade ajuda a atender ao planejamento da produção, no entanto aumenta o tempo de processamento pois os componentes que não serão utilizados também devem ser retrabalhados, além de gerar descontrole nos estoques de materiais e produtos. Sugeriu-se à gerência que a decisão de desmontar por similaridades seja revista, o que segundo estimativa da controladoria da empresa traria redução de cerca de R\$ 180.000,00 por ano com custos de inventário.

#### **4.3.7 Perdas por movimentação**

##### **Movimentação desnecessária**

Durante o processo, observou-se que após os componentes serem desmontados são colocados em caixas no chão. Cabe aos operadores transportar e abastecer manualmente a máquina responsável pela limpeza, o que consome 2 minutos. A sugestão foi a colocação de uma esteira rolante entre estas duas áreas para organizar o fluxo dos componentes, eliminar a movimentação dos operadores e proporcionar melhores condições de trabalho.

#### **4.4 Mapa de fluxo de valor estado futuro**

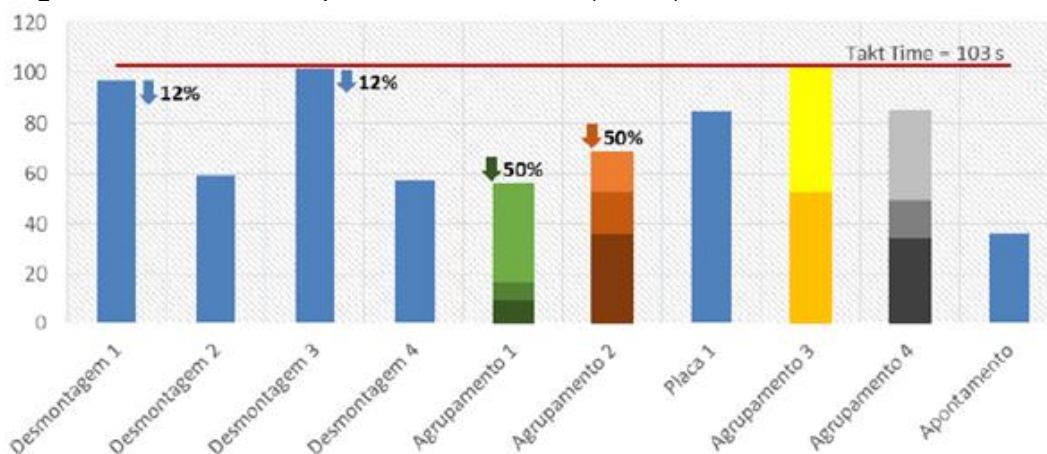
Por meio da análise do estado atual do fluxo de valor verificaram-se oportunidades de agrupamento de operações, com potencial de economias na movimentação de materiais e na mão de obra. Para estes agrupamentos, foram levados em consideração o tempo de ciclo, a proximidade das tarefas e o grau de ocupação dos operadores. As operações “Limpeza 1”, “Limpeza 2” e “Carcaça 1” deram origem ao “Agrupamento 1”. As operações “Carcaça 2”, “Mola 1” e “Mola 2”, tornaram-se o “Agrupamento 2”. “Placa 2” e “Placa 3” formaram o “Agrupamento 3” e, por fim, “Placa 4”, “Placa 5” e “Placa 6” foram agrupadas no “Agrupamento 4”. Com estas mudanças, o número de operadores caiu de 10 para 4. As operações de “Desmontagem 1”, “Desmontagem 2”, “Desmontagem 3”, “Desmontagem 4”, “Placa 1” e “Apontamento”, não puderam ser agrupados por apresentarem um tempo de ciclo próximo ao *takt time* ou devido ao operador já possuir um alto grau de ocupação. Com as ações descritas na

seção 4.3.4 as operações “Desmontagem 1” e “Desmontagem 3” tiveram seu tempo de ciclo reduzido em 12%, ficando abaixo do *takt time*.

A não existência de um fluxo contínuo acarreta em estoques intermediários. Com a implementação dos agrupamentos e do supermercado, foi possível eliminá-los. Este supermercado funciona através de *Kanbans* de retirada. A operação “Desmontagem 1”, ao receber um pedido do PCP através do quadro *Heijunka*, requisita sucata ao supermercado para iniciar seu trabalho, desencadeando o pedido de mais matéria-prima aos fornecedores. O anexo B mostra o mapeamento do fluxo de valor do estado futuro do processo.

A Figura 7 ilustra o balanceamento de linha com os agrupamentos sugeridos e a redução no tempo de ciclo das operações “Desmontagem 1 e 3” (12%), “Limpeza 1” (50%) e “Mola 1” (50%), com a incorporação das melhorias propostas na seção 4.3.

**Figura 7** – Análise do tempo de ciclo e takt time (Futuro)



Fonte: Autores

## 5 RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a comparação dos valores do estado atual com o futuro.

**Tabela 1** - Indicadores de desempenho

Indicadores	Estado atual	Estado futuro	% Melhoria
Lead time	16h 53min	4h 09 min	75 ↓
Tempo de processamento	752,56 seg	680,57 seg	10 ↓
Estoque em processo	0,6946 dia	0,3117 dia	55 ↓
Número de operadores	17	10	41 ↓

Fonte: Autores



O Quadro 2 mostra um resumo dos ganhos obtidos para cada tipo de perda.

**Quadro 2 - Ganhos obtidos**

Desperdício	Problemas	Solução	Ganho
Superprodução	Falta de sincronismo entre produção e demanda (desmontagem de componentes acima do plano de vendas)	Implantação do sistema puxado (Kanban, Heijunka, supermercado)	Redução de 8.833 conjuntos produzidos desnecessariamente
Espera	Alocação de MP em diversos locais	Unificação dos estoques Aplicação da ferramenta 5S	Economia de até 10 minutos/peça na procura por matéria prima
	Falta de padronização para armazenagem de MP	Identificação do conteúdo Armazenamento das prateleiras	
	Alta indisponibilidade de máquinas	Implantação de TPM Treinamento de operações	Aumento de cerca de 8% na disponibilidade do equipamento da "limpeza 1"
Transporte	Layout ineficaz do setor de desmontagem	Reformulação do layout	Ganho de 2 minutos no deslocamento de cada 5 conjuntos
Processo	Atividade realizada sem conhecimento do objetivo	Eliminação da operação "placa 7"	Redução de 6,3% no tempo de processamento total
	Gargalos de produção	Alteração da programação para desmontagem automática	Redução de 12% no tempo de ciclo das etapas "desmontagem 1 e 3"
	Desmembramento de atividades em duas etapas	Realização da operação "limpeza 1" em duas etapas	Redução de 50% do tempo de ciclo das atividades "limpeza 1" e "mola 1"
Produto defeituoso	Problemas com a qualidade da MP recebida	Elaboração de book de referência para inspeção	Redução de cerca de 13% no custo de aquisição de MP
	Processamento de componentes defeituosos	Elaboração de book de referência para inspeção	Melhor assertividade na inspeção
Estoque	Estoque de materiais para produtos com baixa demanda	Aumento do período de previsão de demanda e maior controle da compra de materiais	Redução de aproximadamente 13% nos níveis de estoque
	Desmontagem de componentes por similaridade	Eliminação da desmontagem por similaridade	Redução de R\$ 180.000,00 de custo anual de inventários
Movimentação	Movimentação desnecessária	Automatização da alimentação do equipamento de "limpeza 1"	Ganho de 2 minutos/ciclo no deslocamento do operador

**Fonte:** Autores

## 6 CONCLUSÃO

Em um cenário no qual questões relacionadas à sustentabilidade são cada vez mais valorizadas, a indústria de remanufatura torna-se uma alternativa viável, tendo em vista que engloba aspectos econômicos, sociais e ambientais. Este sistema abrange diversos setores da indústria, porém a ausência de regras específicas para cada processo, o desconhecimento dos fornecedores, a baixa confiabilidade no sistema de logística reversa e as condições gerais do produto recebido, são algumas

especificidades da remanufatura que afetam seu desempenho em termos de produtividade.

Esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar a eficácia da aplicação da filosofia do *lean manufacturing* no gerenciamento do processo de remanufatura, considerando sua complexidade e características próprias. Para isso foi realizada uma pesquisa em uma empresa multinacional alemã líder global do segmento de embreagens. O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso com abordagem qualitativa.

O processo de remanufatura da empresa não possui um gerenciamento diferenciado, pois a ele são atribuídos os mesmos parâmetros, metas e soluções do sistema tradicional, o que interfere diretamente em sua eficiência.

Por meio do mapeamento de fluxo de valor, foi possível identificar vários desperdícios causados por atividades não padronizadas, os quais poderiam ser evitados com a aplicação dos conceitos do *lean manufacturing*. Concluiu-se que as ferramentas do *lean manufacturing* podem e devem ser aplicadas no sistema de remanufatura, porém é necessário que sejam feitas algumas adaptações. Sua correta aplicação favorece a redução de desperdícios, bem como melhora a produtividade da empresa. Esta pesquisa apresenta uma importante contribuição para a teoria, uma vez que indica de forma estruturada, importantes reflexões sobre a evolução e relevância do tema, bem como responde a uma importante lacuna da literatura ao investigar a aplicação do *lean manufacturing* especificamente na remanufatura.

Com relação às contribuições gerenciais, a principal delas é mostrar que as empresas podem ser beneficiadas pela aplicação dos conceitos do *lean manufacturing* no processo de remanufatura, porém é preciso que os gestores trabalhem e desenvolvam o conhecimento necessário para realizar as adaptações necessárias e obtenham os melhores resultados.

Uma limitação desta pesquisa é a escolha do método de estudo de caso único, que não permite uma generalização dos resultados obtidos. Os resultados desta pesquisa servem de ponto inicial para outras pesquisas no tema, como por exemplo, a realização de outros estudos de caso em setores industriais diferentes.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BAKSHI, B.R.; FIKSEL, J. The quest for sustainability: challenges for process systems engineering. **AIChE Journal**, v. 49, n. 6, p. 1350-1358, 2003. <https://doi.org/10.1002/aic.690490602>

BOUZON, M.; CARDOSO, C.L.; QUEIROZ, A. A.; GONTIJO, L.A. Panorama prático-teórico do ambiente de recuperação de produtos: um estudo de caso em uma remanufatura de produtos de telecomunicações. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2010. **Anais...** 2010.

BOUZON, M. *et al.* Final de vida dos produtos, remanufatura e mercado de reuso: tendências, barreiras e desafios em um estudo de caso. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011. **Proceedings...** São Paulo, Brazil, 2011.

CABRAL, J.P.S. **Organização e gestão da manutenção**: dos conceitos a prática. Lisboa: Editora Lidel, 2006.

CLEGG, A.J.; WILLIAMS, D.J.; UZSOY, R. **Production planning for companies with re-manufacturing capability**. IEEE International Symposium on Electronics and The Environment, 1995.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GUIDE JR., V.D.R. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 4, p. 467- 483, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00034-6)

KLEINDORFER, P.R.; SINGHAL, K.; VAN WASSENHOVE, L.N. Sustainable operations management. **Production and Operations Management**, v. 14, n.4, p. 482-492, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00235.x>

KUCNER, R.J. **A socio-technical study of lean manufacturing deployment in the remanufacturing context**. University of Michigan, 2008.

KURILOVA-PALISAITIENE, J.; SUNDIN, E.; POKSINSKA, B. Remanufacturing challenges and possible lean improvements. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, n., p. 3225-3236, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.023>

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios do lean thinking** (mentalidade enxuta), 2015.

MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2015.

OIKO, O. T.; SAAVEDRA, Y. M. B.; AMARAL, D. C.; OMETTO, A. Além do projeto conceitual: a remanufatura no processo de desenvolvimento de produtos. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009. **Anais...** 2009.

ÖSTLIN, J. **On remanufacturing system**: analyzing and managing material flows and re-manufacturing processes in production systems. Linköping University, 2008.

PALISAITIENE, J.; SUNDIN, E. **Remanufacturing**: challenges and opportunities to be lean. Linköping University, 2013.

PARKINSON, H.J.; THOMPSON, G. Analysis and taxonomy of remanufacturing industry practice. **Journal of Process Mechanical Engineering**, v. 217, n. 3, p. 243-256, 2003. <https://doi.org/10.1243/095440803322328890>

RIANI, A.M. **Estudo de caso**: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Monografia (Graduação) - Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

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

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção**: o ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINOHARA, I. NPS – **New production system**: JIT crossing industry boundaries. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

SOUZA, V.C. **Organização e gerência da manutenção**: planejamento, programação e controle da manutenção. São Paulo: All Print, 2013.

SUNDIN, E. **Product and process design for successful remanufacturing**. Dissertation. Linköping Studies in Science and Technology, 2004.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**: introdução às ferramentas do lean manufacturing. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004.



Artigo recebido em: 20/09/2018 e aceito para publicação em: 02/04/2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i1.3391>