

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE UNB GAMA – FGA
ENGENHARIA AEROESPACIAL

DHIEMERSON SOUZA AMORIM

**REMANUFATURA: ANÁLISE CRÍTICA DE CASOS CONSIDERANDO UMA
PERSPECTIVA A PARTIR DE TÉCNICAS DE MODELAGEM DE PROCESSOS**

BRASÍLIA - DF

2022

DHIEMERSON SOUZA AMORIM

**REMANUFATURA: ANÁLISE CRÍTICA DE CASOS CONSIDERANDO UMA
PERSPECTIVA A PARTIR DE TÉCNICAS DE MODELAGEM DE PROCESSOS**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Aeroespacial.

Orientador(a): Mário de Oliveira Andrade

BRASÍLIA - DF

2022

Dhiemerson Souza Amorim

Remanufatura análise crítica de casos considerando uma perspectiva a partir de técnicas de modelagem de processos / Dhiemerson Souza Amorim. – Brasília, DF, 2022-

84 p. : il. (algumas color.) ; 30

cm. Orientador: Mário de

Oliveira Andrade

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB Faculdade UnB Gama - FGA , 2022.

1. Análise crítica. 2. . I. Mário de Oliveira Andrade. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Remanufatura análise crítica de casos considerando uma perspectiva a partir de técnicas de modelagem de processos

CDU 02141005.6

**REMANUFATURA: ANÁLISE CRÍTICA DE CASOS CONSIDERANDO UMA
PERSPECTIVA A PARTIR DE TÉCNICAS DE MODELAGEM DE PROCESSOS**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Aeroespacial.

Trabalho aprovado. Brasília, DF:

Mário de Oliveira Andrade
Orientador

Fábio Cordeiro Lisboa
Convidado 1

Henrique Gomes de Moura
Convidado 2

BRASÍLIA - DF

2022

Este trabalho é dedicado a minha mãe, Carlinda, e aos meus irmãos, Carla e Ueslei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial minha mãe, Carlinda, e meus irmãos, Carla e Ueslei, pelo apoio e incentivo desde o início da faculdade. Agradeço também a esta universidade e ao corpo docente pelo apoio e suporte ao longo do curso que me possibilitou enxergar um futuro com mais confiança, mérito e ética. Agradeço aos meus amigos, que foram peças fundamentais para minha permanência no curso. E, a todos aqueles que direto ou indiretamente fizeram parte do meu caminho nesta universidade. A todos, o meu muito obrigado.

The 4 hour workweek.

“Estar ocupado é uma forma de preguiça, pensamento preguiçoso e ação indiscriminada. Estar assoberbado é normalmente tão improdutivo, quanto ficar sem fazer nada, e muito menos agradável. Ser seletivo fazer menos coisas é o caminho da produtividade. Concentre-se no pouco que é importante e ignore o resto”

(Timothy Ferriss)

RESUMO

Essa pesquisa tem por objetivo verificar se a modelagem de processos gera resultados satisfatórios na logística reversa. Para isso, foi aplicado um levantamento bibliográfico e uma análise crítica dos estudos de caso já realizados por outros autores, tendo como foco o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) e o Gerenciamento de Processos de Negócio (BPM), ambos apresentando técnicas e métodos gerenciais. O VSM contribui com a representação de forma inteligível e direta dos ambientes de remanufatura, enquanto o BPM engloba estratégias, objetivos, culturas, estruturas organizacionais, métodos e tecnologias para analisar, desenhar e estabelecer a governança de processos. Além disso, a modelagem de processos foi de fundamental importância para o retorno dos materiais aos fornecedores e para identificar os desperdícios causados por atividades não padronizadas. Sendo assim, as empresas podem gerenciar materiais e estoques eficientemente, no controle de desperdícios e no aumento dos seus lucros.

Palavras-chave: Remanufatura, logística reversa, modelagem de processos, mapeamento do fluxo de valor, gerenciamento de processos de negócio.

ABSTRACT

This research aims to verify if the process modeling generates satisfactory results in reverse logistics. For this, a bibliographic survey and a critical analysis of the case studies already carried out by other authors were applied, focusing on Value Stream Mapping (VSM) and Business Process Management (BPM). Both present management techniques and methods, the first one contributes with the representation in an intelligible and direct way of the remanufacturing environments. While the second encompasses strategies, objectives, cultures, organizational structures, methods, and technologies to analyze, design, and establish process governance. Based on the analysis, the cases studied gained greater control over production time, reduction in the number of employees, and stock control. In addition, process modeling was of fundamental importance for the return of materials to suppliers and for identifying waste caused by non-standard activities. Thus, companies can manage materials and inventories efficiently, controlling waste and increasing their profits.

Keywords: Remanufacturing, Reverse Logistics, Process Modeling, Value Stream Mapping, Business Process Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Logística Reversa.....	23
Figura 2 - Cadeia de suprimentos integrada.....	26
Figura 3 - Diagrama Borboleta.....	29
Figura 4- Etapas iniciais do VSM.....	31
Figura 5- Símbolos pré-definidos.Adaptado	31
Figura 6 - Mapa estado atual	32
Figura 7 - Mapa estado futuro	32
Figura 8 - Ciclo de vida BPM. Adaptado.....	34
Figura 9 - Gestão dos canais reverso pós consumo para os modelos de compressores.....	37
Figura 10 - Modelos de extintores remanufaturados pela empresa agrupado por conteúdo.Adaptado	44
Figura 11 - Fluxo diário. Adaptado.....	45
Figura 12 - Sequência metodológica. Adaptado.....	46
Figura 13 - Valores gastos mensais com CO2.....	47
Figura 14 – Esquema geral do processo de tratamento de lâmpadas com Hg	51
Figura 15 - Layout da empresa	52
Figura 16 - Tempo de ciclo de cada operação.....	56
Figura 17 - Análise do tempo de ciclo e takt time futuro.Adaptado.....	57
Figura 18 - Diagrama	60
Figura 19 - Consumo de água.....	62
Figura 20 - Consumo de matéria prima	63
Figura 21 - Consumo de energia.....	64
Figura 22 - Mapeamento do Fluxo	65
Figura 23- Fluxo de produção	66
Figura 24 - Fluxo reverso de produção	67
Figura 25 - Mapa do estado atual	67
Figura 26 - Classificação dos desperdícios	69
Figura 27- Mapa do estado futuro.....	71
Figura 28-Fluxo direto e reverso. Adaptado.	73
Figura 29 - Principais motivos de retorno dos produtos	76
Figura 30 - Fluxo reverso. Adaptado	77
Figura 31- Execução de trabalho	78

Figura 32 - Macro fluxo	78
Figura 33 - Mapeamento do fluxo de valor	79
Figura 34 - Tempos de ciclo	80
Figura 35 - Layout	81
Figura 36 -Mapeamento do fluxo de valor do estado futuro	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise final do caso 1	39
Quadro 2 - Análise final do caso 2	42
Quadro 3 - Análise final do caso 3	48
Quadro 4 - Análise final do caso 4	50
Quadro 5 - Análise final do caso 5	54
Quadro 6-Problemas identificados.....	56
Quadro 7 - Indicadores de desempenho	58
Quadro 8- Ganhos obtidos.....	58
Quadro 9 - Análise final do caso 6	59
Quadro 10 - Análise final do caso 7.....	65
Quadro 11 - Desperdícios encontrados	68
Quadro 12 - Propostas de melhoria.....	70
Quadro 13 - Análise final do caso 8.....	71
Quadro 14 - Análise final do caso 9.....	75
Quadro 15 - Protocolo do Estudo de caso	77
Quadro 16 - Análise final caso 10	83
Quadro 17 - Síntese das análises realizadas	83

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contextualização.....	14
1.2. Objetivo Geral	15
1.3. Objetivo Específico.....	16
1.4. Justificativa.....	16
1.5. Metodologia.....	17
1.6. Estrutura do Texto	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. Gestão da cadeia de suprimentos.....	19
2.1.1. Definição SCM.....	19
2.1.2. Finalidade e Benefícios do SCM.....	20
2.2. Logística Reversa.....	21
2.3. Remanufatura	24
2.3.1. Remanufatura na Recuperação de Produtos.....	25
2.4. Economia Circular	27
2.5. Mapeamento do Fluxo de Valor - <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	29
2.6. Gerenciamento de Processos de Negócio - <i>Business Process Management (BPM)</i> .	33
3. ESTUDOS DE CASO.....	37
3.1. Remanufatura de Compressores de ar.....	37
3.2. Avaliação do Ciclo de Vida de um painel solar fotovoltaico de silício cristalino	39
3.3. Aplicações de modelos para gestão de materiais e estoque em uma empresa de remanufatura	42
3.4. Cadeia de Remanufatura Reversa de equipamentos eletrônicos	48
3.5. O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes	50
3.6. Estudo de caso em uma indústria de remanufatura de peças automotivas.....	54
3.7. Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (VSM) para medição da sustentabilidade.	60
3.8. Das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes	66
3.9. Caracterização e parâmetros para organização da Cadeia Reversa de pneus usados	72
3.10. Melhorias na Logística Reversa de bens de consumo para o varejo.....	75
3.11. Síntese das análises realizadas	83

4. CONCLUSÃO.....	85
4.1. Trabalhos futuros.....	86
REFERÊNCIAS	88

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A alta competitividade exige que as empresas sejam ágeis na resolução de problemas, buscando principalmente diminuir os custos relacionados aos seus processos produtivos e consigam oferecer melhor qualidade e agregação de valor ao cliente. Por isso, as corporações buscam por ferramentas que consigam reduzir desperdícios e acelerar o processo de produção. Com o advento das tecnologias industriais e computacionais, inúmeros métodos surgiram para o reforço do gerenciamento de manufatura. Esses métodos auxiliam na coleta, no planejamento e na análise de dados, possibilitando que a tomada de decisão seja mais assertiva.

Novas estratégias e oportunidades ligadas ao conceito de Indústria 4.0 possibilitaram definir guias e processos de manufatura. O seu objetivo central é a junção, em todos os níveis, do chão de fábrica com sistemas, *softwares* de manufatura, bem como na integração com clientes e fornecedores. Posto isto, é possível conseguir um fluxo de informação em tempo real e maior dinamismo em seus processos produtivos.

A modelagem de processo é uma peça fundamental na Indústria 4.0, por conseguir mapear a conexão entre terminais, *Clouds* (banco de dados em nuvem), redes industriais e recursos físicos (GAZIERO; CECCONELLO, 2019). Técnicas e métodos vêm sendo aperfeiçoados, visando otimizar e eliminar desperdícios na cadeia de produção. Neste sentido, a filosofia Lean traz esse conceito eficazmente ao se tratar do aminguamento de custos e eliminação de atividades, que não agregam valor ao produto. Como efeito, é possível suprimir desperdícios e atender as demandas do cliente, ou seja, realizar mais com menos. Essas atividades são fundamentais para manter a competitividade das empresas no mercado (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2017).

Além dos benefícios já mencionados, a implementação da filosofia Lean possibilita o alcance de metas organizacionais que incluem lucratividade, eficiência, satisfação do cliente, qualidade e capacidade de resposta (GARZA-REYES, 2018). A Produção enxuta diz respeito a um processo dinâmico de transformações, orientado por um conjunto de ações e visando a melhoria contínua de inúmeros conceitos, métodos, *softwares* e ferramentas que foram desenvolvidas de modo a dar suporte aos processos produtivos (LIMA, 2016). A remanufatura, economia circular, cadeia de suprimentos e logística reversa são alguns dos conceitos utilizados neste trabalho para embasar e fundamentar a pesquisa.

É importante ressaltar que a indústria global investe em técnicas que consigam otimizar, eliminar desperdícios e agregar valor para o cliente. A Gestão da Cadeia de Suprimentos engloba o gerenciamento dos fluxos de serviços e diversos setores que integram um mesmo processo produtivo, sejam eles: bens, finanças e informações. Ainda, os modelos de gestão de estoque e materiais têm um aumento de demandas irregulares e um elevado custo de oportunidade de capital (WANKE, 2015).

No que diz respeito a remanufatura, é possível encontrar casos irregulares, pois é necessário o retorno de matérias-primas dos produtos para constituir a sua demanda. A restituição da matéria-prima só ocorre quando a mercadoria vendida encerra a vida útil, ou quando o cliente quer realizar uma troca (CLOTTEY TOYIN E BENTON JR, 2019). A imprecisão, neste cenário, prejudica as formas de gerenciamento de estoque, dado que trabalhar com previsibilidade e período de retorno da matéria-prima é uma questão complexa diante da irregularidade na demanda (STINDT; SAHAMIE, 2016). Deste modo, a necessidade da utilização de métodos e ferramentas que sejam capazes de auxiliar no controle e gestão dos processos produtivos, envolvendo a remanufatura, se mostra imprescindível.

Diante disso, a modelagem de processos é uma ferramenta capaz de contribuir com a identificação de gargalos e falhas, que estejam impedindo o gerenciamento e controle no processo produtivo. Deste modo, a sua função é compreender os fluxos de trabalho da organização e propor melhorias em todos os níveis da cadeia de produção.

No que tange a remanufatura, a utilização de ferramentas de modelagem são métodos que podem auxiliar no gerenciamento da logística reversa. Por isso, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), o *Business Process Management* (BPM), ou o *Value Stream Mapping* (VSM) e o Gerenciamento de Processos de Negócio (GPN) são as ferramentas fundamentais para compreender os fluxos na cadeia de produção.

A utilização dessas ferramentas é primordial, já que obter um controle preciso de materiais e estoques em alguns processos produtivos de remanufatura, simplesmente com uma análise sem fundamentos teóricos, se torna algo pouco eficaz devido à grande demanda. Então, exige-se uma análise robusta, como os métodos mencionados pedem.

1.2. Objetivo Geral

A presente pesquisa contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre a aplicabilidade das ferramentas de modelagem, VSM e BPM, no setor de remanufatura. Posto isso, o objetivo central desse trabalho é descrever e analisar os estudos de caso que mostram

como as empresas têm gerenciado os processos do retorno de materiais aos centros de produção. Ainda, verificar os benefícios e dificuldades que ocorrem dentro deste setor, para que seja possível delimitar um estudo teórico que relacione as dificuldades e benefícios da aplicação do VSM e BPM.

1.3. Objetivo Específico

Com o intuito de identificar a viabilidade e eficácia das ferramentas no contexto da remanufatura, essa pesquisa visa investigar as atividades que apresentam princípios das ferramentas de modelagem BPM e VSM, através de uma análise crítica. Sendo assim, os objetivos específicos que vão embasar o presente estudo são:

1. Empregar a temática da remanufatura e economia circular, de modo a ampliar a compreensão sobre as características e parâmetros conhecidos no que tange o modo de produção;
2. Caracterizar e definir as ferramentas VSM e BPM;
3. Aplicar e validar os estudos de casos avaliados por quadros resumo e comparativos;
4. Compreender, caso não tenha sido utilizado o BPM e VSM, quais os benefícios da sua implementação;
5. Elaborar um quadro comparativo sobre as principais características de 10 casos estudados;
6. Verificar a aplicabilidade do VSM e BPM.

1.4. Justificativa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em vigor no ano de 2014, é fundamentada no conceito de responsabilidade compartilhada do produto (ARAÚJO, 2017). Essa Lei tem como atribuição a coleta de produtos e resíduos ao fabricante após o uso, sendo necessário um descarte final ambientalmente adequado. Tal ação é implementada e estruturada por meio dos sistemas de logística reversa como a reciclagem, reuso e a remanufatura (BRASIL, 2021).

Deste modo, devido a crescente busca pelo setor de remanufatura no Brasil, a presente pesquisa pode ser relevante para as empresas que desejam ou já têm implementado esse tipo de processo, pois nesse trabalho serão expostas as peculiaridades e os distintos conceitos que precisam ser compreendidos para uma melhor implementação.

Ademais, as vendas, com os seus preços altamente competitivos, mostram como o desenvolvimento desse estudo é importante, visto que as corporações terão resultados advindos do aumento da produtividade e isso inclui gestão de material, bem como compras mais econômicas (DIAS, 2019). Ainda, estocar produtos em níveis adequados e racionalizar o processo produtivo é algo de muita importância, além de ser necessário avaliar os processos atrelados à gestão do setor de remanufatura, mediante às ferramentas de modelagem.

Em suma, a investigação aqui desenvolvida poderá contribuir para as empresas que estão analisando a possibilidade de implementar um processo robusto, com o intuito de controle e gerenciamento no setor de logística reversa. As organizações que já fazem o uso das ferramentas do BPM e VSM poderão aprimorar os seus processos. As questões aqui analisadas podem contribuir na tomada de decisão, propondo melhorar o desenvolvimento de estratégias, tal qual o desenvolvimento de produtos e serviços, sendo possível definir a ferramenta mais adequada para o setor de atuação, tendo em vista que os processos de modelagem vão depender do tipo de serviço oferecido.

1.5. Metodologia

A monografia foi conduzida por levantamento bibliográfico e análise crítica dos estudos de caso já realizados por outros autores. O intuito é descobrir aspectos significativos, gerar novas hipóteses e colaborar com o desenvolvimento de uma estrutura de conhecimento mais completa, a respeito do uso das ferramentas de modelagem.

É de suma importância compreender que o Estudo de Caso pode ser definido como uma investigação empírica, que examina um determinado acontecimento em seu contexto real, principalmente quando não há limites bem definidos (YIN, 2015). Ainda, existe o estudo de caso único e o estudo de múltiplos casos, sendo que o primeiro analisa apenas uma ocorrência, enquanto o segundo realiza o estudo de vários fenômenos. Com relação ao estudo de apenas um caso, há um maior aprofundamento, porém existem limitações no que diz respeito as conclusões descritas (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2017).

Para o presente trabalho utilizou-se os estudos que fizeram uso da segunda forma, com a finalidade de obter conclusões mais próximas do real. Neste sentido, a pesquisa bibliográfica foi utilizada com o intuito de recolher informações, ou conhecimentos precedentes, sobre os princípios de utilização das ferramentas de modelagem, em casos de remanufatura.

1.6. Estrutura do Texto

Esta pesquisa está estruturada da seguinte forma:

Capítulo 1: tem-se início com a introdução, apresentando a sua contextualização, objetivo geral e específico, justificativa, metodologia e, por fim, a estrutura da monografia sendo aqui exposta.

Capítulo 2: discorre sobre a revisão bibliográfica dos assuntos que sustentam a pesquisa. Começando com os estudos da logística reversa e da gestão da cadeia de suprimentos, em seguida, as definições de remanufatura e economia circular.

Capítulo 3: apresenta a definição das ferramentas de modelagem, Mapeamento do Fluxo de Valor, Gerenciamento de Processos de Negócio e o conceito de produção enxuta.

Capítulo 4: no penúltimo capítulo deste trabalho, expõe-se o estudo de 10 casos de remanufatura.

Capítulo 5: e, por fim, as considerações finais da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Gestão da cadeia de suprimentos

A Gestão da Cadeia de Suprimentos ou *Supply Chain Management* (SCM), ao longo dos tempos, tem ganhado espaço em corporações muito influentes, além de conferências gerenciais e em jornais de grande alcance. Apesar de estar ocupando esse lugar, o SCM ainda não tem um conceito bem definido e a sua implantação ocorre em poucas empresas, especialmente em multinacionais (BRITO; BERARDI, 2018).

2.1.1. Definição SCM

O SCM é um aglomerado de soluções cujo objetivo é gerenciar os fluxos de serviços, bens, finanças e informações, na totalidade de uma cadeia produtiva. Vale ressaltar que o SCM não se trata apenas da logística entre o vendedor e o cliente, esse conceito também engloba desde o fluxo de matéria-prima até o cliente final.

A Gestão da Cadeia de Suprimentos, no início da década de 80, foi utilizada por consultores e ao longo dos anos ganhou uma maior atenção. Em 1990, pesquisadores descreveram, pela primeira vez, o SCM com um ponto de vista mais teórico e o objetivo era diferenciá-lo do gerenciamento tradicional (COOPER; LAMBERT; PAGH, 2017).

Para Ballou (2016) o SCM é apenas um novo nome para logística, porém Cooper, Lambert e Pagh (2017) mostram que esse conceito vai muito além de uma nomenclatura, pois é um sistema mais robusto. Ainda, para os mesmos autores, a Gestão da Cadeia de Suprimentos é uma filosofia de integração para gerenciar o fluxo total do canal de distribuição, do fornecedor até o consumidor final (COOPER; LAMBERT; PAGH, 2017). Quanto a logística, o *Council of Logistics Management* (CLM) a define como:

“(...) parte da cadeia de suprimentos que planeja, implementa, e controla o eficiente e efetivo fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações, do ponto de origem para o ponto de consumo, com objetivo de atender às necessidades dos clientes.” (Council of Logistic Management, 1996 apud Ballou, 2016, p. 83)

A significação de SCM que irá recorrer ao longo deste trabalho, foi consolidada em 1994 e alterada no ano de 1998, pelos participantes da *Global Supply Chain Forum* (GSCF) . Atualmente, pode-se dizer que o "SCM é a integração de processos de negócios-chave, do usuário final até os fornecedores originais, fornecendo produtos, serviços e informações que

adicionam valor aos clientes e outros acionistas”. (Global Supply Chain. Fórum, 1998 apud CORREA; NETO; PADOVEZE, 2006, p.6)

É de suma importância saber que, para ocorrer a integração de processos, é necessário ir além da logística integrada. Um bom exemplo, seria a criação de um novo produto ou serviço, pois é fundamental que todas as questões do negócio estejam envolvidas. Seria necessário, nesse caso, o marketing para definição do conceito, a pesquisa e o desenvolvimento para formulação do produto, manufatura e logística com suas capacidades de operação e a área financeira para captação ou liberação de capital.

2.1.2. *Finalidade e Benefícios do SCM*

Atualmente, a necessidade por aprimorar e desenvolver novas técnicas e ferramentas, visando aumentar o lucro, tem sido prioridade em muitas empresas. A livre concorrência é um fator essencial, tanto para o consumidor como para as corporações que precisam se reinventar no atendimento ao cliente e nos custos adequados.

Sendo assim, buscam-se alternativas por meio de ferramentas e insumos, que visem a redução de custos. Como resultado, há o aumento da produtividade e garantia de qualidade durante os processos produtivos nas empresas, para que estas possam se manter ativas e competitivas. Segundo Campos (2014, p. 43), “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e tempo certo às necessidades do cliente”.

A atual competição não é mais de empresa para empresa, mas sim de cadeia de suprimentos contra cadeia de suprimentos. A gestão do SCM promove destreza na resposta às mudanças na demanda, com o mínimo de custos extras, proporcionando o crescimento da coordenação entre os membros da cadeia de suprimentos, obtendo-se reduções nos prazos de entrega e em custos (LAMBERT; COOPER; PAGH, 2015). Os principais objetivos da Gestão da Cadeia de Suprimentos são:

- Minimizar a quantidade total de custos empregados para fornecer um serviço ao cliente;
- Conciliar as necessidades dos clientes com o fluxo dos materiais dos fornecedores envolvidos na cadeia;
- Reduzir o investimento em estoques na cadeia;
- Aumentar o serviço ao cliente;

- Construir vantagem competitiva;
- Adicionar valor ao produto.

Como é possível perceber, a Gestão da Cadeia de Suprimentos fornece insumos e oportunidades para criar relações, tanto internas quanto externas, entre as empresas. O enfoque é integrar o gerenciamento para ocorrer uma cooperação mais próxima entre a cadeia de suprimentos e a demanda, de modo a alavancar o aumento do lucro dessa cadeia logística (SIMATUPANG; SRIDHARAN, 2015).

O propósito maior para a consolidação das relações na cadeia de suprimentos é aumentar significativamente a competitividade do canal, como afirmam Browsersox e Closs (2016). Esse plano está embasado em dois princípios: o primeiro diz respeito à necessidade de os participantes centrais da cadeia de suprimentos compartilharem informações, enquanto o segundo está atrelado a erradicação de trabalho duplicado e desnecessário. As trocas de informações e o bom planejamento do conjunto podem reduzir ou eliminar o problema de especulação com o estoque. À vista disso, o foco central da cadeia de suprimentos é a racionalização do processo, tendo como objetivo apontar que o resultado deve vir de necessidades econômicas e de serviço, não de práticas preventivas e tradicionais.

Em síntese, a finalidade do SCM é minimizar os recursos desnecessários para oferecer um nível exigido de serviço ao cliente, em dado segmento. Esse serviço será fornecido se a cadeia for pensada como um todo, em outras palavras, diminuindo o investimento de estoques e unindo as necessidades dos clientes com o fluxo de materiais dos fornecedores. Assim, aumenta-se o serviço prestado pelo cliente, criando uma vantagem competitiva e valor para o SCM. (LAMBERT; STOCK; VANTINE, 2015).

2.2. Logística Reversa

Por muito tempo, o foco central das empresas era apenas fabricar o produto e entregar ao consumidor ou ao vendedor final. Contudo, esse cenário tem mudado e atualmente existem diversos produtos que após terem sido entregues/consumidos, necessitam de um descarte adequado ou podem ser reaproveitados de alguma forma pela empresa fornecedora. Esse novo requisito inserido na cadeia de produção, não é apenas uma preocupação pelo viés ambiental, mas uma preocupação do ponto de vista de eficiência.

É difícil definir uma data para o início da expressão logística reversa, entretanto, o seu conceito e aplicação vêm sendo discutidos e explorados desde a década de 1970, quando os processos de fluxos reversos estavam atrelados a questões ambientais. As novas definições mostram que o conceito ainda está em construção, frente as necessidades de negócios e de pesquisas (BRITO; DEKKER, 2016).

A logística reversa tem ganhado espaço em grandes corporações devido ao seu potencial no quesito eficiência e, sobretudo, por possibilitar que empresas gerem novas receitas. Para mais, a obrigatoriedade regida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), leva as diversas corporações a adotarem o processo. Essa lei afirma a necessidade de um acordo entre fabricantes, distribuidores, importadores e comerciantes, para que estes delimitem o dever pelo ciclo de vida do produto, incluindo o descarte correto das mercadorias.

No entanto, foi a partir da década de 1990 que as empresas começaram a enxergar esse conceito como um meio fundamental para redução de perdas. Nos Estados Unidos e na Europa as ferramentas clássicas de logística eram mais disseminadas e, por isso, as definições de logística reversa foram utilizadas com maior intensidade (XANTHOPOULOS; IAKOVOU, 2019).

Outro aspecto importante a ser ressaltado, é sobre a logística reversa ser um processo integrado e sistemático da cadeia de suprimentos. O seu objetivo é promover o desenvolvimento sustentável, trabalhando nos manejos de reutilização e descarte dos produtos que estão no fim de sua vida útil. Integrando a lucratividade, em conformidade com as regulamentações ambientais (XANTHOPOULOS; IAKOVOU, 2019).

Além disso, o autor Srivastava (2017) afirma que a logística reversa faz parte de um conceito maior denominado “Gestão Verde da Cadeia de Suprimentos” (*Green Supply Chain Management*), que tem suas raízes na gestão ambiental inserida na cadeia de suprimentos. A logística reversa tem a função de operar, gerenciar, controlar o fluxo e as informações de retorno referente ao pós-venda e pós-consumo, duas grandes categorias, para o ciclo produtivo. O pós-consumo é constituído pelos produtos e materiais advindos do descarte, que voltam ao ciclo produtivo, após finalizadas as suas utilidades originais. Essa categoria distingue-se em:

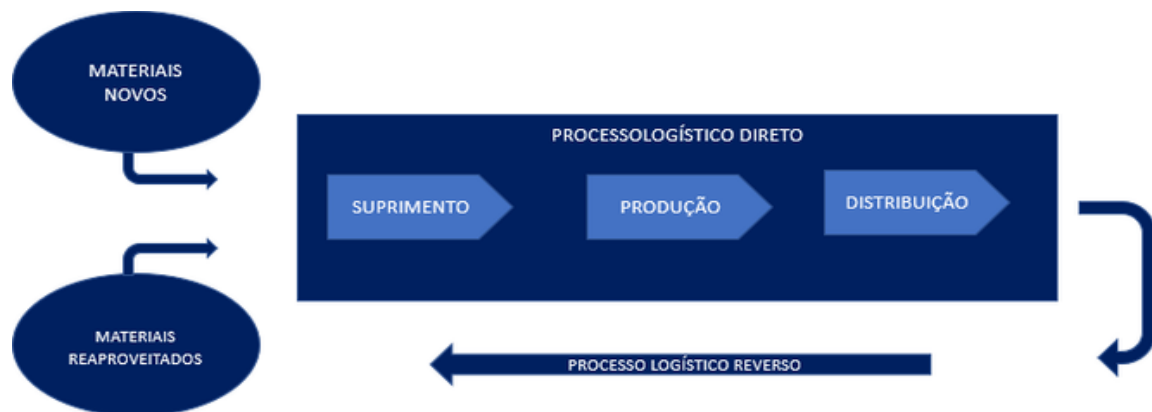
1. Reciclagem: meio reverso de revalorização, em que os materiais constituintes dos produtos descartados, são extraídos industrialmente e transformados em matérias-primas, retornando para a fabricação dos novos bens de consumo. Um bom exemplo é a reciclagem do alumínio, que possibilita uma economia considerável de energia elétrica

e pode ser refundido várias vezes, sem alterar as suas propriedades. Outro aspecto interessante, é o fato de o alumínio poder ser transportado sem grandes restrições.

2. Reuso: está associado a reutilização de produtos ou materiais que a vida útil se estende por vários anos. Em alguns casos, ao apresentar boas condições de utilização, podem ser destinados ao mercado de segunda mão e serem comercializados várias vezes, até chegar ao final de sua vida útil. Alguns exemplos desses produtos são as máquinas, equipamentos, móveis, vendas de materiais e veículos.
3. Pós-venda: produtos com pouco ou nenhum uso, que voltam a cadeia produtiva por vários fatores, por exemplo: devolução devido a problemas de garantia, avarias no transporte, excesso de estoques, prazo de validade expirado e assim por diante. A conceituação da logística reversa de pós-venda ocorre quando há a reutilização, a revenda como produto de segunda linha e/ou a reciclagem. Se esse processo estiver bem organizado, as empresas podem constituir uma fonte de vantagem competitiva.

A logística reversa dos produtos e materiais, via pós-consumo (linhas pontilhadas), e sua reinserção na cadeia produtiva (logística direta), como mostrado na figura abaixo (Figura 1), demonstra cada etapa do ciclo:

Figura 1 - Logística Reversa



Fonte: LACERDA (2015, p. 4)

Como mostrado acima, o fluxo reverso se inicia no consumidor final e retorna via coleta seletiva (fluxo predominante) ou por entrega voluntária no próprio local, onde o consumidor realizou a compra. A logística reversa também pode ocorrer em outros pontos da cadeia, como no processo produtivo em que os rejeitos descartados são utilizados como insumos para outras indústrias.

Os autores Rogers e Tibben-Lembke (2016) definem a logística reversa em dois grupos, o de produto e o de embalagem. O primeiro ocorre quando o produto é inserido nesse fluxo por inúmeros motivos — seja pela remanufatura, consertos ou simplesmente o cliente devolveu a mercadoria logo após realizar a compra —. O segundo ocorre quando esse bem apresenta uma alta capacidade de reutilização, reciclagem ou até mesmo devido às legislações, que restringem sua disposição final em aterros, como as embalagens de agrotóxicos, que podem contaminar os solos.

Diante das perspectivas apontadas pelos diferentes teóricos, a precisão de quando ocorre ou não o fluxo reverso, gera muitas discussões. Além disso, as definições de matéria-prima e cliente final podem ser relativizadas conforme os fluxos produtivos (ADLMAIER; SELLITTO, 2017). Por fim, o conceito de logística reversa também pode mudar consoante a visão dos diferentes segmentos. Empresas distribuidoras podem defini-la como o retorno de mercadorias vendidas, no entanto, as indústrias podem conceituá-la como retorno de produtos defeituosos.

2.3. Remanufatura

Nesta subseção será exposto o referencial teórico sobre a remanufatura que, assim como a logística reversa, tem uma infinidade de conceitos e grande dificuldade em buscar uma definição. Os limites entre as diferentes estratégias de recuperação do produto não são bem determinados, e os sistemas de recuperação frequentemente incorporam vários procedimentos em simultâneo (OIKO, 2019).

A remanufatura não é um conceito tão bem definido, pois as atribuições que o termo recebe pode variar bastante. Isso é algo que ocorre também com a recuperação de produtos, logística reversa e cadeia de suprimentos de ciclo fechado, que apresentam definições restritas ou mais amplas a depender do autor estudado.

Devido a dificuldade de encontrar o real significado dos termos utilizados, alguns artigos que se referem especificamente à logística reversa de produtos no pós-consumo, acabam adotando algumas definições que só se aplicam a outro tipo de logística reversa, que seria a de pós-venda. Portanto, julga-se necessário apresentar nessa subseção definições e contextualização sobre a manufatura.

2.3.1. Remanufatura na Recuperação de Produtos

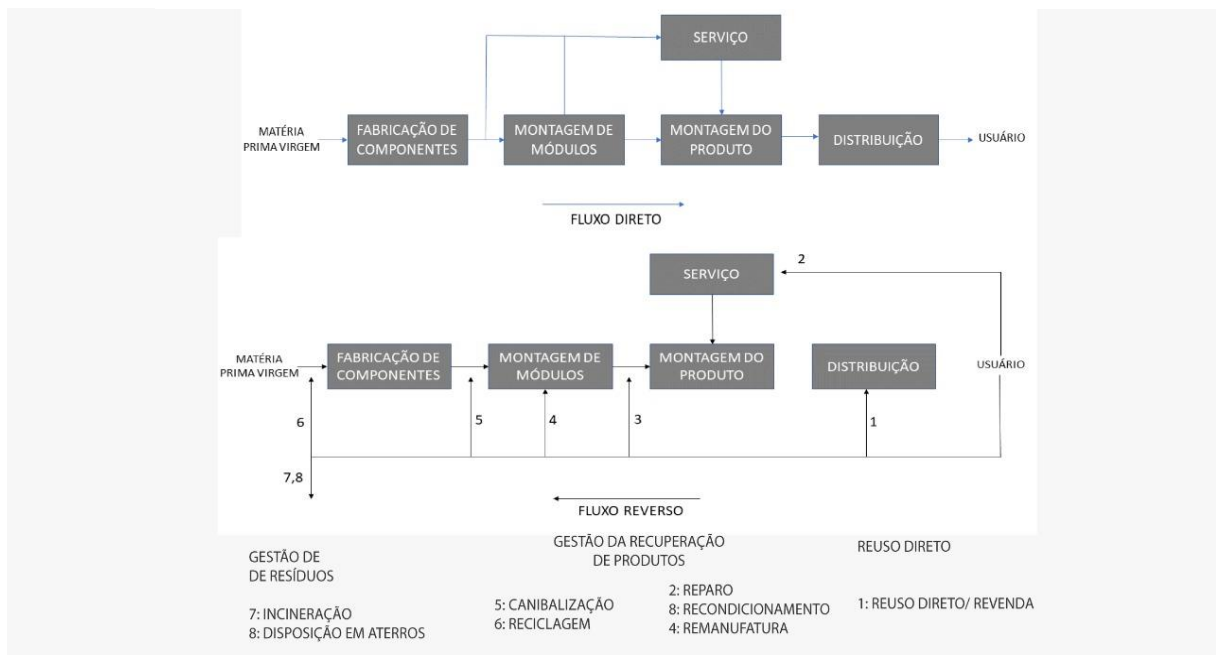
A remanufatura é uma forma de dar utilidade as mercadorias já utilizadas anteriormente, visando prolongar seu ciclo de vida útil. A duração de um produto, segundo o conceito exposto por Bourke (2015), abrange toda a sua existência, desde a criação — passando pela definição, produção, entrega, manutenção — até a sua retirada do mercado, fase final do ciclo de vida.

Com o objetivo de diminuir as cargas ambientais e principalmente socioeconômicas que um produto pode oferecer, devido a todo seu ciclo de vida e sua cadeia de valor, a Gestão do Ciclo de Vida, ou *Life Cycle Management* (LCM), é responsável por esse processo. Segundo Herrman (2017), o LCM começa com a engenharia do ciclo de vida e finaliza com a gestão do “fim de vida” do produto.

Para Thierry (2015), os produtos em seu fim de ciclo de vida podem ser revendidos diretamente, recuperados ou descartados. Segundo o mesmo autor, que realizou um resumo das opções de recuperação do produto, é possível resgatar um valor econômico e diminuir a quantidade final de resíduos, podendo assumir as diferentes formas, como mostra a figura 2. Abaixo, têm-se as opções de recuperação de produtos:

- **Reparo:** os produtos usados voltam as suas condições de uso, em geral, com qualidade inferior ao de produtos novos, e é possível substituir ou consertar pedaços quando necessário;
- **Remanufatura:** Tem como foco transformar os produtos usados em novos, aumentando o nível de qualidade. Isso ocorre ao utilizar a desmontagem completa, realizando extensivos testes de todas as partes e módulos do produto;
- **Canibalização:** Tem como enfoque resgatar partes ou componentes utilizáveis de um produto para serem usados na manutenção, recondicionamento ou até mesmo na remanufatura de novas mercadorias. A qualidade atribuída nos fragmentos canibalizados depende do processo que o produto será utilizado. As partes que não passíveis de canibalização, podem ser recicladas ou sofrer outro tipo de descarte;
- **Recondicionamento:** retorna o produto até um determinado nível de qualidade, esse nível já é pré-estabelecido e inferior ao de produtos novos;
- **Reciclagem:** Indo contra as definições acima descritas, a identidade e função do produto é perdida, e o objetivo é o reuso do material.

Figura 2 - Cadeia de suprimentos integrada



Fonte: THIERRY (2015, p. 118)

Além das opções apresentadas acima, alguns produtos são descartados para as inúmeras categorias de aterros ou então são incinerados. Na incineração, pode ocorrer ou não a recuperação de energia. Ainda, outros autores apresentam mais classificações de recuperação dos produtos, como exemplo, Rahimifard e Newman (2018) que trazem novas perspectivas, como é possível ver abaixo:

- Recuperação de produtos: É responsável pela reintrodução do produto por diversos processos, seja a desmontagem, inspeção, substituição e remontagem ou remanufatura;
- Recuperação de módulos e partes: Nesta opção os componentes dos produtos usados são recuperados, tratados ou recondicionados para reuso;
- Recuperação de material: Usualmente chamada reciclagem, essa alternativa busca restaurar o material presente nos componentes, utilizando uma série de processos que vão fazer o produto perder a sua identidade original;
- Recuperação de energia: Alguns materiais que não podem ser recuperados, por meio dos processos já mencionados, são usados para gerar energia na forma de calor e eletricidade.

O teórico Chouinard (2019) utiliza o termo “valorizado” para aqueles produtos que passaram por algum processo de transformação, após advindos do consumidor final, mas que não retornaram a condição de novos. Em contrapartida, alguns estudiosos utilizam termos como “reciclagem” e “recuperação”, termos não muito precisos e semelhantes ao que Thierry (2015) atribuiu como “recuperação de produtos”, expondo um novo ciclo (reciclagem) aos produtos usados.

O autor Ijomah (2017) define a remanufatura como um processo de retorno dos produtos usados a forma e condição funcional de “novos” e com garantia. Para mais, o desempenho ditado pelo fabricante original deve ser o mínimo alcançado pelo produto remanufaturado (IJOMAH, 2016). Portanto, a remanufatura pode incluir a melhoria do produto, com incremento de novas funcionalidades, atualização de *softwares* e qualquer outro atributo.

Segundo Östlin, Sundin e Bjorkman (2018), não há necessidade de especificar que o produto foi retornado à condição de novo, mas sim devolvido à sua vida útil e mediante os padrões desejados. Um ponto a ser ressaltado é que, na definição desses autores, a remanufatura é conceituada como um processo industrial e não é incluída nos processos artesanais.

Diante as definições expostas, o presente trabalho aderiu-se à definição de Thierry (2015), pois a sua conceituação atribui à remanufatura aspectos essenciais, como um processo industrial que traz produtos usados à condição de “novos” e apresentando minimamente um desempenho igual ao especificado pelo fabricante original.

A remanufatura é primordial para a economia circular, sendo fundamental em uma cadeia produtiva de empresas que visem o mínimo de resíduos possível. Ademais, esse processo industrial contribui para a criação de emprego e renda na economia circular. Os proprietários, por exemplo, são remunerados ao reenviarem os produtos no final da vida útil para serem remanufaturados.

2.4. Economia Circular

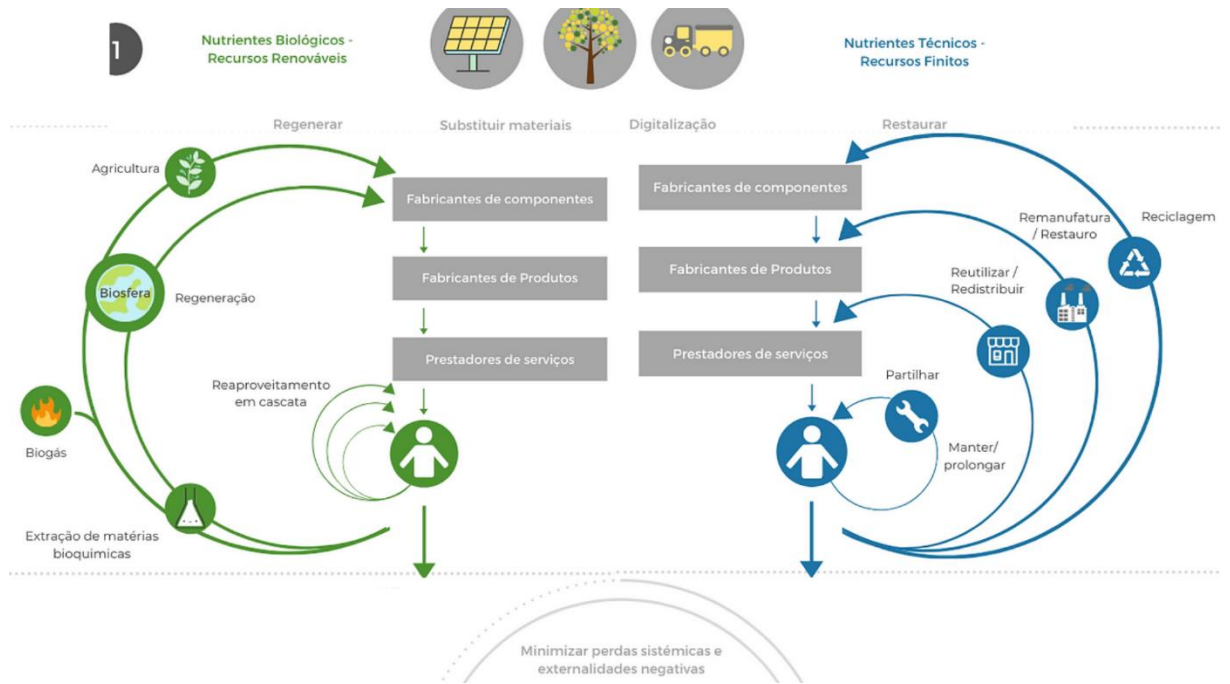
As transformações industriais, ao longo dos anos, desencadearam inúmeros benefícios para a sociedade, haja vista que alavancou o desenvolvimento econômico e possibilitou, de forma rápida, o acesso a produtos e serviços. Contudo, a forma linear desses processos, através da extração de recursos naturais, modificações pela manufatura e o descarte não planejado vêm impactando negativamente o meio ambiente (MACARTHUR, 2017).

Nas últimas décadas, a procura por soluções que possibilitem um crescimento econômico sustentável tem crescido de forma rápida. Isso porque, mediante o desenvolvimento tecnológico e econômico, Verdélio (2021) afirma que até 2030 haverá a inserção de 3 bilhões de novos consumidores de classe média. Nesse cenário, a necessidade de alternativas que proporcionem um crescimento econômico sem causar danos ao meio ambiente, tem sido necessário.

Diante disso, a Economia Circular (EC) tem ganhado uma atenção especial de empresas e governos, isso porque a EC é um modelo com uma nova forma de pensar e, sobretudo, inclusiva. Além disso, mostra que é possível separar o crescimento econômico do impacto ambiental negativo (BRADLEY, 2016). Sua origem se deu por volta da década de 70 (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2017), mas foi através da Fundação Ellen MacArthur que a EC ganhou força, principalmente após o ano de 2015.

Com o intuito de tratar o problema do crescimento econômico sem causar danos, desenvolveu-se o Diagrama Borboleta representado na figura 3. Esse recurso tem como objetivo focar na economia em dois ciclos, tanto o biológico quanto o técnico, a fim de encerrar o sistema produtivo e não incentivar o descarte de produtos. Em outras palavras, o material descartado deve retornar a cadeia produtiva para ser realocado (ciclo técnico) ou decomposto (ciclo biológico), servindo de insumo para outros produtos. O foco é que a definição de lixo seja extinta e substituída pelo conceito de insumo, para que resulte na minimização da extração de matéria-prima (MACARTHUR, 2017).

Figura 3 - Diagrama Borboleta



Fonte: (COSTA, 2021)

Diante desses ciclos e definições, é preciso considerar o papel e o comportamento do consumidor, pois ao unir produção e consumo observa-se que a Economia Circular engloba muito mais do que processos industriais, logística reversa e reciclagem (GAO, 2017). A EC é um novo modelo econômico, que detém o desenvolvimento regenerativo e restaurador. Essa é uma nova forma de pensar, que reforça o capital natural, melhorando o uso de recursos naturais e a redução dos descartes.

Por conseguinte, é preciso que possibilitem a mudança do conceito “fim de vida” para o “berço ao berço”. E, para isso, é necessário investir nas energias renováveis, eliminando o uso de produtos químicos tóxicos, diminuindo a geração de resíduos através de um design superior de materiais, produtos, sistemas e modelos de negócio. Perante o exposto, o foco é separar o crescimento econômico da destruição ambiental, alavancar a rentabilidade, a vantagem competitiva das empresas e gerar oportunidades de trabalho.

2.5. Mapeamento do Fluxo de Valor - *Value Stream Mapping (VSM)*

O Mapeamento do Fluxo de Valor é considerado uma das ferramentas mais relevantes da produção enxuta, dado que, além de simples, é baseado em processos que permitem a documentação, visualização e compreensão de mapeamento dos fluxos de processos. Com o propósito de identificar os desperdícios e eliminá-los, esse instrumento também está envolvido

em uma variedade de práticas de gestão, tais como: *Just in Time*, sistemas de qualidade, células de manufatura, gestão de suprimentos e entre outras (GARZA-REYES, 2018).

Além disso, esse método é considerado uma técnica de modelagem que auxilia na representação clara e objetiva dos ambientes de manufatura. E ainda, diferentemente das demais, consegue apresentar o fluxo de materiais com as informações de uma empresa. Isto posto, um fluxo de valor pode ser definido como um conjunto de ações que agregam, ou não, valor na produção de um determinado produto.

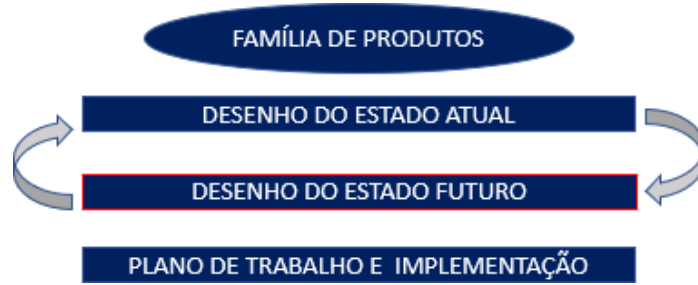
A implementação dessa técnica gera muitas vantagens, como a elaboração de informações amplamente apresentadas e não somente um processo isolado. Ao mesmo tempo, mostra que a relação do fluxo de materiais e informações é primordial para a tomada de decisões sobre o produto, bem como na identificação de desperdícios.

O VSM é uma análise robusta dos materiais e informações dos processos, que fluem através dos vários níveis de uma cadeia de produção. Essa ferramenta é constituída pelas seguintes etapas: a definição do produto ou família de produtos a ser mapeada; o desenho do estado atual do produto, distinguindo suas oportunidades de melhoria; e por último, a criação do mapa futuro com a eliminação das ineficiências (JUNIOR, 2016). Para o desenvolvimento do Mapeamento, Santos (2017) afirma ser preciso seguir 4 etapas:

- Determinar a família de produtos, considerando o seu valor para o cliente;
- Preparar o mapa do estado atual, demonstrando as perdas presentes dos processos determinados na definição da família de produtos.
- Elaborar o mapa de estado futuro, em curto e médio prazo, da família de produtos definida na etapa um;
- Redigir o plano de trabalho, expondo as etapas de implementação, objetivos, metas, responsáveis e prazo.

A figura 4, abaixo, retrata a as etapas iniciais para a construção do VSM.

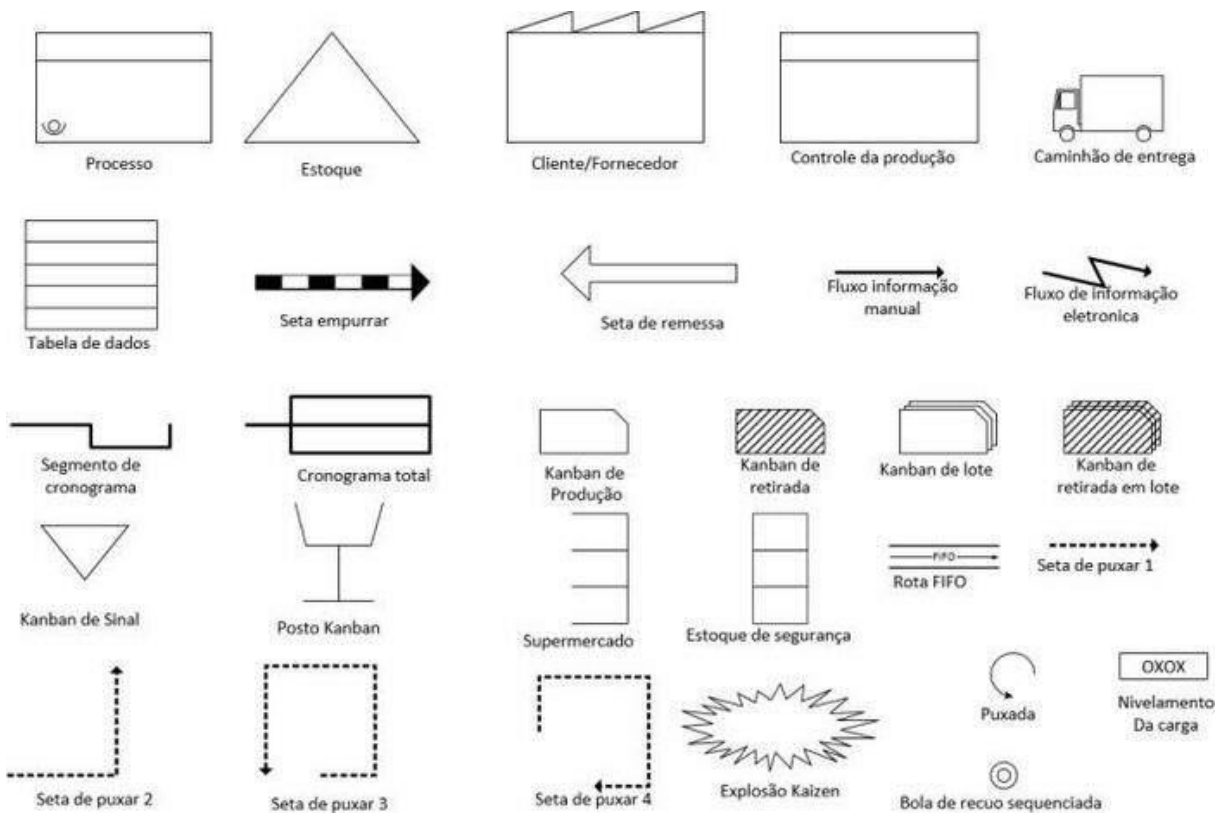
Figura 4- Etapas iniciais do VSM



Fonte: CARVALHO; CARVALHO (2017, p. 5)

A ilustração apresenta “o estado futuro”, destacado de vermelho, devido a sua importância na introdução do fluxo de valor enxuto. As duas setas, entre o estado atual e o estado futuro, têm duplo sentido e apontam que o desenvolvimento de ambos são esforços justapostos (QUEIROZ; RENTES; ARAUJO, 2016). Para a construção do mapeamento, são utilizados alguns símbolos pré-definidos, como é possível observar abaixo.

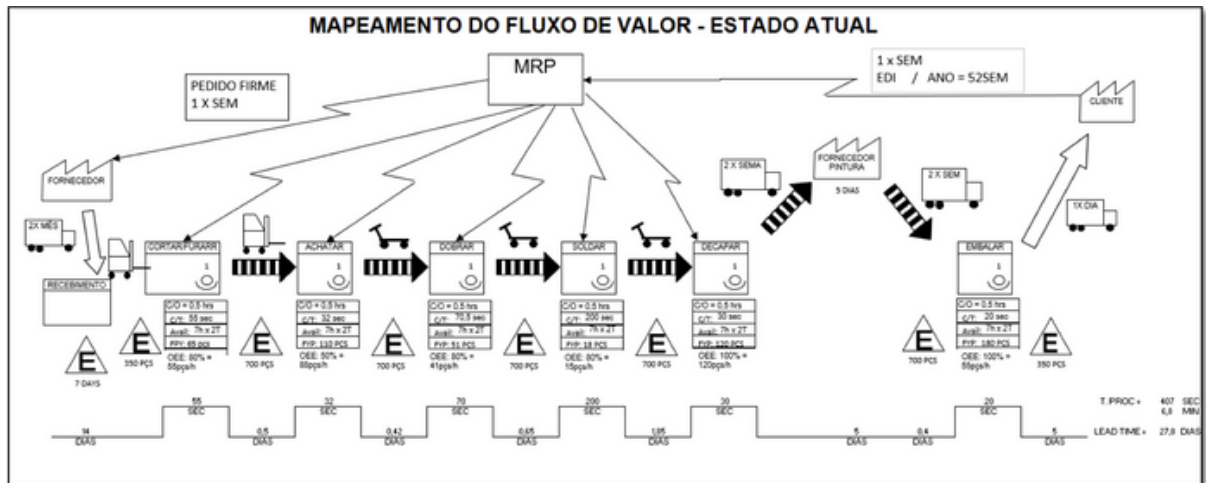
Figura 5- Símbolos pré-definidos. (Adaptado)



Fonte: ROTHER; HARRIS (2019, p.79)

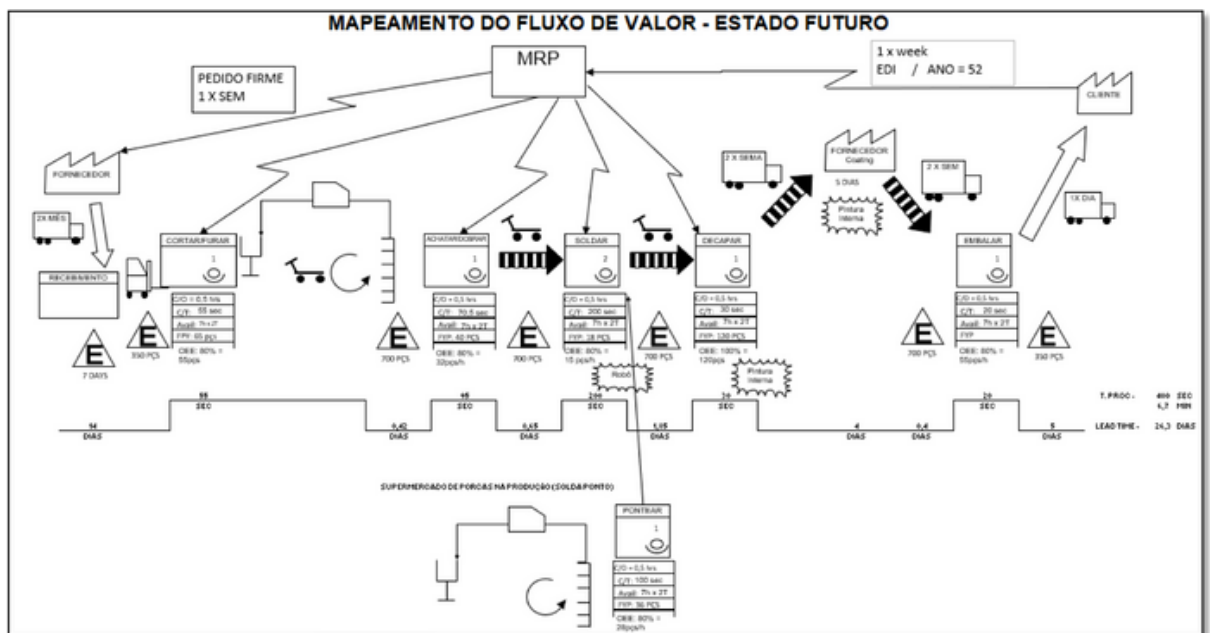
Dado isso, constrói-se o mapa do fluxo de valor como mostrado nas figuras 6 e 7. É importante ressaltar que o VSM foi desenvolvido para ser uma ferramenta sem muita tecnologia, pois o mapeamento pode ser feito com papel e lápis, apesar de existirem softwares para tal função. O objetivo de percorrer esse processo é incentivar os usuários da ferramenta a utilizarem o fluxo de valor (POJASEK, 2017).

Figura 6 - Mapa estado atual



Fonte: MARCELINO (2020, p.1)

Figura 7 - mapa estado futuro



Fonte: MARCELINO (2020, p.1)

As figuras acima retratam o mapeamento do fluxo de valor de processos produtivos, em uma empresa de porca. Com relação aos desperdícios, a figura 6 apresenta o mapa do estado atual, antes da intervenção de proposta, para minimizá-los e a figura 7 mostra o mapeamento do fluxo de valor do estado futuro com propostas de ações para a eliminá-los.

Em resumo, o VSM pretende melhorar os processos internos, realizando um mapeamento “porta-a-porta”, bem como toda cadeia de suprimentos do processo produtivo. A ideia é reduzir o *lead time* através de melhoria contínua, para adquirir eficiência e qualidade no fluxo de valor.

2.6. Gerenciamento de Processos de Negócio - *Business Process Management (BPM)*

O Gerenciamento de Processos de Negócio tem sido implementado por diversas empresas, com o intuito de solucionar os problemas latentes nas interações das atividades organizacionais. O objetivo é obter maior eficiência operacional e qualidade de serviço, satisfazendo e beneficiando a experiência dos clientes para com os produtos e serviços.

Segundo Roeser e Kern (2015), o BPM é uma abordagem baseada nos conceitos de Gestão da Qualidade Total (TQM) e de Reengenharia de Processos de Negócios (BRP). Para AALST (2020), os princípios da Administração Científica de Taylor e a linha de produção em massa, introduzida por Herry Ford, são insumos utilizados nos sistemas BPM da atualidade. De acordo com isso, existe uma conformidade na literatura sobre a origem do BPM, na revolução industrial, incentivada pela necessidade de inovações e contínua melhoria na organização do trabalho.

Sendo assim, define-se esse conceito como sendo uma disciplina gerencial que interliga estratégias e objetivos de uma dada organização, com as expectativas e necessidades dos clientes, focando na melhoria dos processos de ponta a ponta. O BPM engloba estratégias, objetivos, culturas, estruturas organizacionais, papéis, políticas e métodos, incluindo as tecnologias para analisar e desenhar, implementar e gerenciar desempenho, transformar e estabelecer a governança de processos (NEGÓCIO, 2013). Logo, o Gerenciamento de Processos de Negócio procura, principalmente, facilitar o entendimento de como as ações de cada processo realmente se estabelecem nas empresas, contribuindo na identificação de ineficiências e do papel de cada funcionário na organização (COSTA, 2019).

Segundo os autores Santana, Alves e Moura (2016), essa lógica relacionada à gestão do ciclo completo do Gerenciamento de Processos de Negócio, engloba desenho, análise,

implementação, execução e melhoria contínua dos processos de uma dada empresa. Mediante isso, a grande variedade de processos complexos nas organizações e, principalmente, uma hierarquia fracionada, contribui para que o conjunto desses elementos não se comuniquem. Portanto, a Gestão de Processos de Negócio é uma importante ferramenta para fornecer capacidade de interconexão entre tais elementos.

Para Oliveira (2016) o BPM cresceu como uma ferramenta de pesquisa importante e atualmente vem ganhando espaço na academia, na indústria e no setor público. Originado das múltiplas orientações de gestão, desde a revolução industrial, o Gerenciamento de Processos de Negócio é a abordagem mais atual para análise e melhoria contínua dos principais e mais importantes processos organizacionais, de modo a sistematizar o aperfeiçoamento da qualidade e produtividade alinhada às metas da empresa.

Os processos atrelados à cadeia de produção, dentro de uma corporação, devem ser gerenciados em um ciclo que consiga manter a integridade e permitir transformações (NEGÓCIO, 2013). Assim, abaixo tem-se uma representação do ciclo de vida do BPM, importante para a manutenção dos processos.

Figura 8 - Ciclo de vida BPM. Adaptado.



Fonte: OLIVEIRA (2016, p.24)

Diversas pesquisas apresentam o BPM para fins de análise e compreensão desse ciclo. Neste trabalho, optou-se pelo ciclo proposto por Oliveira (2016), como mostrado na figura 8 acima. A metodologia, segundo o mesmo autor, consiste em seis grandes fases descritas abaixo:

Planejamento: Nesta etapa, é feito o alinhamento da gestão de processos com o planejamento estratégico da organização. É no levantamento da visão do negócio que se inicia o planejamento do projeto BPM, incluindo a delimitação do escopo e a estimativa do esforço a ser empreendido durante o projeto de execução. Aqui, também é definido os papéis e atribuições de cada indivíduo, bem como as expectativas dos clientes internos e externos. Com relação ao resultado do planejamento, é importante que se tenha como saída o documento de visão de negócio, plano de projeto e apresentação de abertura do projeto.

Modelagem do processo atual (*As Is*): Nessa etapa é realizada a coleta de dados para proporcionar o entendimento e a documentação do processo atual, através da modelagem na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) (NEGÓCIO, 2013). As entrevistas, observações, questionários, análise de documentos e análise de sistemas são algumas técnicas utilizadas para obtenção das informações. Por fim, nesta fase deve-se obter como saídas o modelo do Processo Atual e o Documento de Modelagem do Processo (*As Is*).

Análise do processo: Etapa em que é necessária a identificação dos problemas e as suas causas, relacionando as informações observadas na fase de Modelagem do Processo Atual. Nesse ponto, ocorre a definição de métricas importantes na designação dos indicadores de desempenho na mensuração de estado atual do processo. No fim da etapa, deve-se obter as saídas dos Diagramas de Causa e Efeito, Mapa de Categorização dos Problemas, Planilha de Métricas, e Relatório de Análise do Processo.

Desenho do processo proposto (*To Be*): Fase em que se expõem as proposições de 26 modificações para os processos, tendo como objetivo alcançar as metas da organização. Além disso, busca-se melhorias para os problemas identificados na fase de Análise do Processo. E, ao final da análise, deve-se obter como saídas o Modelo do processo proposto, identidade dos indicadores de desempenho, lista de soluções, *checklist* de conformidade do processo e documento de desenho do processo proposto (*To Be*).

Implementação do processo: Aqui será necessário analisar a viabilização da inserção do processo proposto (*To Be*). Essa etapa também é responsável pela implantação de políticas e

procedimentos novos ou revisados. Ao final, deve-se obter as saídas do plano de implementação, plano de ação, e histórico das ações.

Monitoramento e controle do processo: Fase em que o gestor verifica a conformidade do processo e analisa os indicadores de desempenho. Caso o desempenho do processo corresponda com a especificação definida, durante o Desenho do Processo Proposto, um relato é disseminado para a organização. Caso os resultados de desempenho não sejam satisfatórios, buscam-se novas soluções para os problemas, para refletir em uma melhoria de processo e de desempenho. Ao final dessa fase, deve-se obter o *checklist* de conformidade do processo, relatório de monitoramento e controle do processo, planilha de causa x soluções, plano de ação para solução dos problemas, histórico das ações e documentação das mudanças.

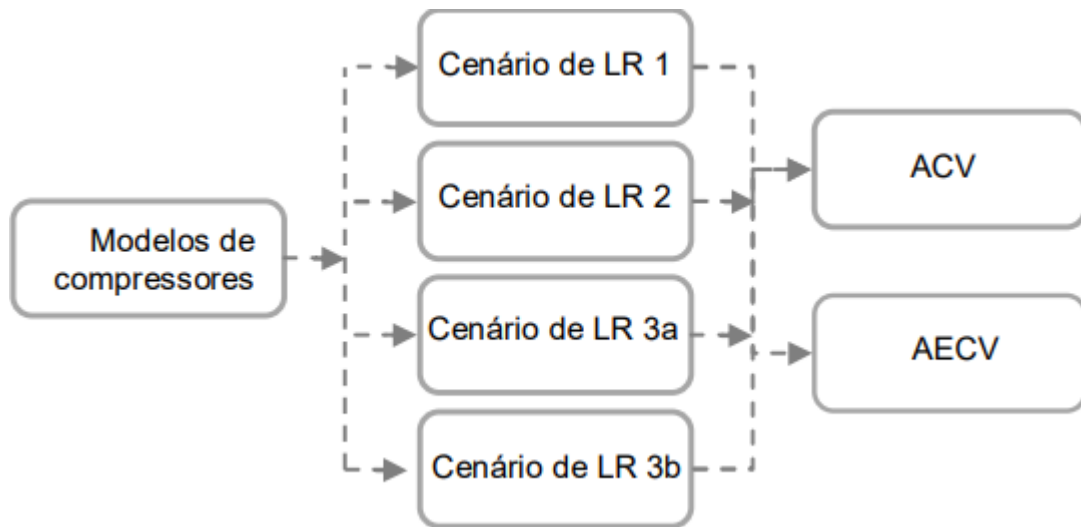
O ciclo de vida do BPM apresenta inúmeros pontos importantes para organizações com baixo nível de maturidade. Isso porque, cada etapa expõe suas funções detalhadamente, em forma de atividades e técnicas que facilitam e orientam a execução de cada fase. É de suma importância entender que a implementação do ciclo de vida BPM conduz alterações em diversos segmentos organizacionais, como: estrutura, processos, pessoas e cultura. Isto posto, é necessário direcionar um processo disciplinado para conduzir as mudanças que tais iniciativas promovem na organização.

3. ESTUDOS DE CASO

3.1. Remanufatura de Compressores de ar

O primeiro caso a ser analisado é sobre a logística reversa e os quatro possíveis cenários estudados pela autora Santana (2018), em sua dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental.

Figura 9 - Gestão dos canais reverso pós consumo para os modelos de compressores



Fonte: SANTANA (2018, p.56)

A divisão desses canais de distribuição foi construída pela autora acima, considerando um planejamento de logística convencional. As alternativas foram apresentadas pelos técnicos e consumidores finais, sendo eles os integrantes dos Canais Reversos Pós-Consumo (CR-PC).

Os compressores são compostos por metais (aço, ferro fundido, alumínio) e polímeros (poliuretano, polietileno, borrachas), totalizando uma média de 85% da massa em materiais recicláveis. A montagem e parte dos componentes são produzidos na cidade de Joinville, no estado de Santa Catarina, onde se localiza a sede da empresa *Schulz S.A.* Após a venda desses compressores, a responsabilidade pela destinação do equipamento é transferida da empresa para o cliente. Para estimular uma maior circularidade no ciclo de vida desse produto, a empresa fornece um desconto de 10% aos consumidores que na compra de um novo compressor, entrega o equipamento antigo da mesma marca.

Os cenários se diferem na estratégia de remanufatura utilizada. O primeiro cenário é baseado em um plano de troca dos compressores, com o desmanche total do produto e revenda dos materiais recicláveis. Já o segundo cenário também é baseado em um plano de troca, porém

a própria empresa é responsável pela refundição das peças de ferro e aço. No que diz respeito ao terceiro, a remanufatura e a compra de 38% do valor financeiro das peças da empresa são ações realizadas por assistentes técnicos. O quarto cenário é semelhante ao penúltimo, porém com 51% do valor financeiro das peças de remanufatura compradas da empresa. Este último visa identificar e minimizar os danos ambientais relativos à logística reversa dos compressores de ar.

A pesquisa de Santana (2018), aqui analisada, teve por objetivo realizar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e a Avaliação Econômica do Ciclo de vida (AECV) dos cenários da logística reversa de compressores de ar. Para isso, a metodologia foi baseada nas normas ABNT (2009a; 2009b), em que os dados primários foram obtidos por consultas, entrevistas, telefonemas aos assistentes técnicos e colaboradores, incluindo também os relatórios de venda da empresa *Schulz S.A.*, local em que o estudo foi desenvolvido.

Ainda, a autora teve o intuito de analisar os impactos ambientais e econômicos dos possíveis cenários de remanufatura dos compressores. Para tal, o mapeamento de processos foi realizado de modo a identificar qual parte da cadeia representava a maior parcela do impacto. Concluiu-se que o uso da ferramenta obteve bons resultados, mas poderiam aprofundar ainda mais nos processos de um cenário específico, para se atingir eficiências maiores e impactos ainda menores.

Desse modo, é preciso levantar informações de como os processos são realizados, analisar os gargalos em toda a cadeia, sugerir alternativas, testá-las e, caso constatasse uma melhoria, adotar esses novos processos como padrão. Mediante o exposto, as seguintes etapas foram realizadas:

1. Analisou os cenários base de Logística Reversa;
2. Realizou um diagnóstico da situação atual;
3. Analisou a situação econômica e ambiental;
4. Diagnóstico da destinação final dos equipamentos obsoletos;
5. Tratamento de dados e análise.

Observa-se que para investigar os impactos ambientais e econômicos dos compressores, fez-se o uso da ferramenta de modelagem VSM, percorrendo sistematicamente as suas etapas. Os pesquisadores definiram a família de produtos, quando se estabeleceu os cenários de LR. Para mais, realizou-se um diagnóstico em que foram entrevistados, através de um questionário, os assistentes técnicos e representantes comerciais para o mapeamento do estado atual. Assim,

descobriu o volume comercializado dos produtos, a evolução das vendas no ano de 2012 e os principais mercados consumidores.

Se o autor optasse pela aplicação do BPM, não seria viável, já que essa ferramenta atuaria com maior enfoque na automatização dos processos. Para o caso em questão, o pesquisador obteve resultados mais assertivos por meio do mapeamento de processo, uma vez que o método proporcionou bons resultados na gestão de estoque, fornecimento, armazenamento e logística.

Destarte, o VSM auxiliou no desmanche total do compressor e revenda de materiais recicláveis, otimizando o processo de estoque, armazenamento e fornecimento. Além disso, foi possível analisar os custos de desmanche e o lucro obtido com a revenda das peças. Abaixo, tem-se um quadro resumo do caso em questão.

Quadro 1 - Análise final do caso 1

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Remanufatura de compressores de ar	Não	Sim	Bibliográfica e de campo	-Programa SimaPro®; -Fluxogramas; -Abordagem Midpoint	O cenário mais econômico foi o plano de troca e com restituição de peças de ferro fundido e aço.

Fonte: Quadro do autor

3.2. Avaliação do Ciclo de Vida de um painel solar fotovoltaico de silício cristalino

O segundo caso a ser estudado propõe avaliar a circularidade de um Painel Solar Fotovoltaico (PSF) de 1.^a geração, modelo 350M6K36 e constituído de silício cristalino. Esse produto foi fabricado no Brasil pela empresa *Build Your Dreams* (BYD), com o uso das ferramentas de economia circular e da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Oliveira (2019), com base em sua pesquisa, teve o propósito de mensurar os impactos ambientais causados pelo PSF. Para isso, o autor avaliou 31 ferramentas de circularidade, em função dos critérios estabelecidos na revisão de literatura.

Para o estudo aqui analisado, foram escolhidos apenas o *Circular Economy Toolkit* (CET), *Circular Economy Indicator Prototype* (CEIP) e o *Material Circularity Indicator* (MCI). Eles foram utilizados no intuito de serem aplicados ao objeto de estudo e alcançar, com maior eficiência, o objetivo central da pesquisa.

A ferramenta CET, criada pela Universidade de Cambridge, mostra o método da análise de circularidade contendo 35 perguntas distribuídas com 7 categorias, sendo elas: o projeto, manufatura e distribuição; o uso; preservar ou reparar; reusar ou redistribuir; reformar ou remanufaturar; reciclar; produto como um serviço. Ao final da análise, a ferramenta fornece os resultados em porcentagem do material reciclado e recusado no produto final. Por fim, o material do produto será reciclável e reutilizável ao fim de sua vida útil.

A ferramenta, dentro de cada categoria, possui perguntas sobre a possibilidade de melhoria da circularidade, contendo apenas 3 opções de respostas: baixo, médio ou alto. Feita a coleta de informações, a CET fornece a indicação das oportunidades de negócio, da melhoria pela ótica econômica e do projeto do produto. Já a ferramenta CEIP é utilizada por fabricantes e por empresas de varejo, com acesso à lista de materiais dos produtos. O CEIP é estruturado em um questionário composto por 15 perguntas distribuídas em 5 áreas, sendo: projeto, manufatura, marketing e venda; uso; fim da vida útil.

A terceira ferramenta analisada e escolhida por Oliveira (2019) é o MCI, utilizado para mensurar o quanto os fluxos lineares podem ser minimizados e quanto os fluxos restaurativos podem ser maximizados. O MCI é uma ferramenta criada para as empresas avaliarem seus produtos e modelos de negócio no contexto da Economia Circular, que permite mensurar quantitativamente o desempenho circular de um produto. Essa ferramenta avaliou o índice de fluxo linear e o fator de utilidade da circularidade dos produtos. Deste modo, o primeiro diz respeito ao fluxo de massa dos materiais e o segundo avalia a estimativa média de vida útil do produto.

Além das 3 ferramentas no contexto da economia circular, o autor também avaliou o ciclo de vida do PSF em 4 grandes fases, sendo elas: realização do cadastro do PSF no *software* Simapro, iniciado pelas fases do produto, sendo a “Montagem” a primeira fase completada. Em seguida, foi feito o cadastro do ciclo de vida com as especificações técnicas do fabricante. Depois, foi preenchido o cadastro do “Cenários de Destino Final” e na última fase cadastrou-se a reciclagem.

O caso mostrou que 83% dos resíduos do PSF podem ser reciclados e que 10% são incinerados, produzindo o valor energético. Os 7% da destinação final desses resíduos seriam direcionados para aterros sanitários. Das matérias-primas recuperadas na reciclagem, o alumínio teve 100% de recobro, o vidro 95%, o silício 81%, o cobre 85% e a prata 40%. Logo, a Avaliação do Ciclo de Vida mostrou-se positivo devido aos impactos ambientais associados aos processos de fabricação. Além dos resíduos do PSF serem inferiores ao consumo da rede brasileira de energia, os painéis geram energia no local onde estão sendo instalados e possibilitam um desempenho ambiental positivo.

A pesquisa de Oliveira (2019) está embasada em uma rica revisão bibliográfica, contendo uma gama de informações que comprovam o seu estudo e o torna robusto. Assim, o autor, por meio do CET, CEIP e MCI, coletou diversas informações fundamentais para avaliar a circularidade do painel solar fotovoltaico de silício. Por meio da utilização dessas ferramentas, foi realizado o planejamento que incluiu o alinhamento da gestão de processos.

Além disso, foi quantificada a produção energética ao longo de 25 anos do PSF, concluindo que o tempo solar por dia, para a cidade de Curitiba, é de 4,19h. Nesta fase de análise, foi feita uma modelagem do processo atual (*As Is*) e um desenho do processo proposto (*To Be*). Com isso, foi possível realizar a coleta de dados e mapear o modelo do processo proposto, de modo a alcançar os objetivos específicos da dissertação de mestrado.

Logo, como é possível perceber, foi utilizado o Gerenciamento de Processos de Negócio, apesar de não ter realizado o monitoramento e controle do processo. Para o caso em questão, a ferramenta de modelagem se aplicou eficazmente para o alcance dos objetivos específicos.

O caso não relata um mapa de estado atual, demonstrando como é efetuado em empresas que não aplicam o conceito de economia circular e ACV, nem mesmo um mapa do estado futuro depois da aplicação dos conceitos explanados ao longo de sua pesquisa. A realização dessas análises seria interessante para uma observação mais objetiva, dentro da modelagem do VSM. Este, por sua vez, possibilitaria que o estudo do PSF fosse conduzido de forma inteligível e comprovaria os benefícios de utilizar ou não as ferramentas da economia circular CEIP, MCI e CET. Isto posto, utilizando a ferramenta VSM, seria possível também avaliar o processo ponta a ponta do PSF e entender, por exemplo, a logística de transporte e desmanche das peças, bem como o valor e treinamento necessário.

Estimado a forma de transporte, mão de obra e seus custos associados em cada etapa, seria possível uma análise mais assertiva caso o PSF realmente se mostrasse positivo, do ponto de vista ambiental e por meio da análise do ciclo de vida. Abaixo, tem-se um quadro resumo do caso em questão.

Quadro 2 - Análise final do caso 2

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	ferramenta utilizada	resultado obtido
Avaliação do ciclo de vida de um painel solar fotovoltaico de silício cristal	Sim	Não	Estudo de caso	-Economia circular -Toolkit (CET); Economia circular Indicador -Protótipo (CEIP); -Economia circular Toolkit (CET); -Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).	Comprovou que a ferramenta ACV consegue mensurar impactos por fases e auxiliar na direção das implementações de ações de economia circular.

Fonte: Quadro do autor

3.3. Aplicações de modelos para gestão de materiais e estoque em uma empresa de remanufatura

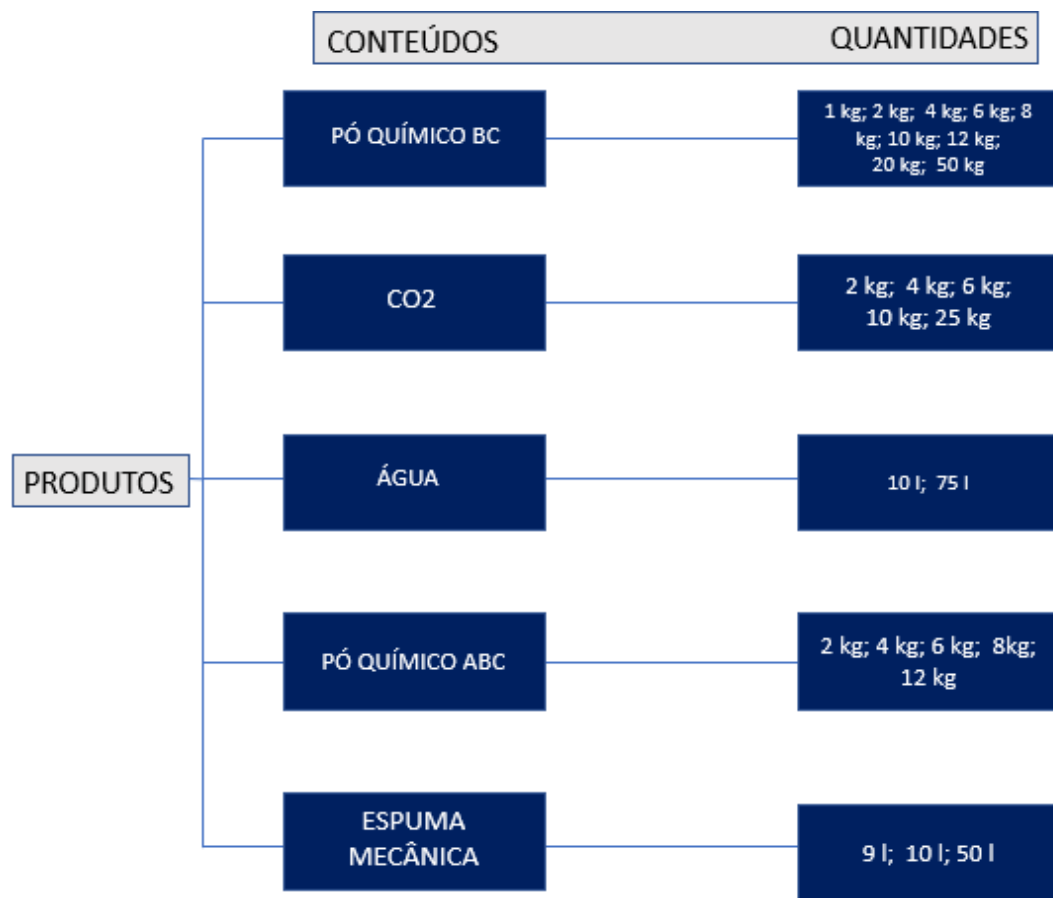
Este caso busca verificar a aplicação dos modelos da gestão de estoque e materiais, em uma empresa de remanufatura. Tendo, portanto, o intuito de investigar a eficiência por meio dos gastos acumulados com a compra de cada material. O estudo analisou o planejamento de compras e gestão de estoques, em uma empresa de remanufatura de extintores de incêndio. A empresa apresenta como produtos e serviços:

1. Recarga e manutenção de extintores usados (remanufatura de extintores);
2. Execução de projetos de precaução contra incêndio, como sistemas de proteção por hidrantes, chuveiros automáticos, detecção, alarme e iluminação de emergência;
3. Assistência mensal e manutenção em equipamentos de combate a incêndio, já adquiridos pelo cliente;

4. Instalação e manutenção de campos de brigadas de incêndio, para treinamento especializado;
5. Comercialização de produtos de combate a incêndio como alarme, detectores de fumaça, iluminação de emergência, *sprinklers* e extintores.

A empresa de extintor de incêndio trabalha com vinte e quatro modelos remanufaturados e possui doze funcionários para atuarem nesse processo. O grande diferencial nos extintores está no tipo e na quantidade de cada conteúdo inserido no produto. A organização lida com cinco diferentes conteúdos, sendo eles: gás carbônico (CO₂), água, pó químico seco BC, pó químico seco ABC e espuma mecânica. A figura 10, abaixo, retrata os tipos e os pesos dos produtos disponibilizados.

Figura 10 - Modelos de extintores remanufaturados pela empresa agrupado por conteúdo. Adaptado



Fonte: ORTIZ (2015, p 47)

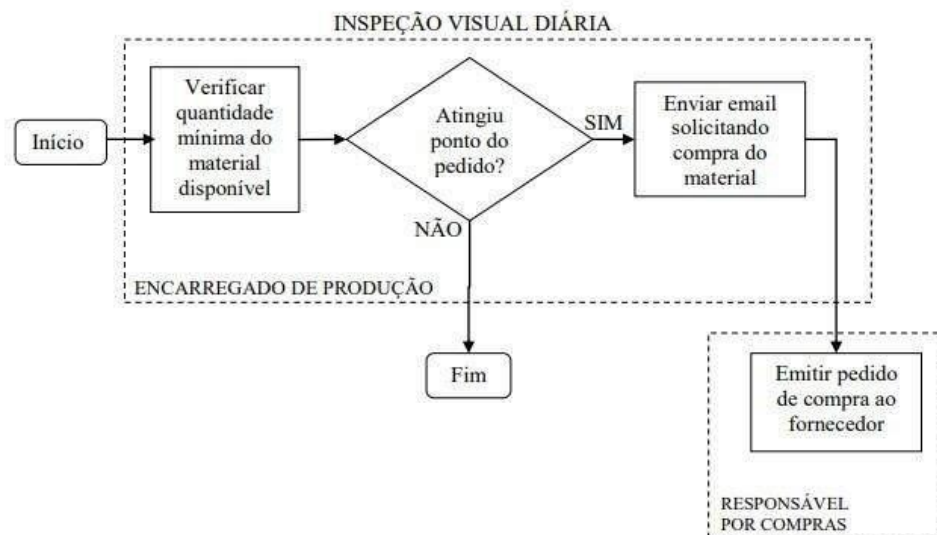
Para ocorrer a remanufatura dos extintores de incêndio, é preciso substituir alguns materiais, como: o lacre, o rótulo, o anel de vedação, o selo, o manual e os insumos (álcool, tinta e óleo lubrificante). Em cada processo que for realizada a remanufatura, é necessário efetuar a troca desses materiais básicos. O pó químico BC, pó químico ABC, CO₂, água e espuma mecânica são os conteúdos internos que serão substituídos.

A autora analisou os materiais utilizados no processo de remanufatura e observou que estes correspondem a uma grande parcela dos custos médios totais desses extintores. Os materiais correspondem a 47,46% dos seus custos totais. Dessa taxa, 45,04% dizem respeito a gastos com a compra dos materiais (conteúdos) e 2,42% referem-se a custos relacionados a materiais básicos. Além disso, Ortiz (2015) analisou somente a remanufatura dos extintores que possuem água, CO₂ e pó químico BC, devido à importância e significância desses produtos.

Na remanufatura dos extintores, é primeiramente realizada a inspeção visual pelo funcionário para detectar imperfeições ou algum item danificado. Em seguida, o operador retira os rótulos e selos externos, liberando o conteúdo do cilindro. Antes da desmontagem, realiza-se a pesagem com o intuito de medir o conteúdo no seu interior, verificando se está de acordo com as normas. Após, é realizado um comparativo com a pesagem feita sem o conteúdo. Logo depois, efetuada a recarga, retiram-se as peças externas, como mangueiras, válvulas e manômetros.

Finalizada a desmontagem, é realizada uma limpeza nos componentes para serem testados. As peças que apresentam danos são separadas, enviadas para sucateiros e, em seguida, é realizada a recarga do cilindro, onde é inserido o conteúdo. Segundo Ortiz (2015), há perdas de 1% do respectivo conteúdo com a realização desse processo. Por fim, lacra-se o extintor.

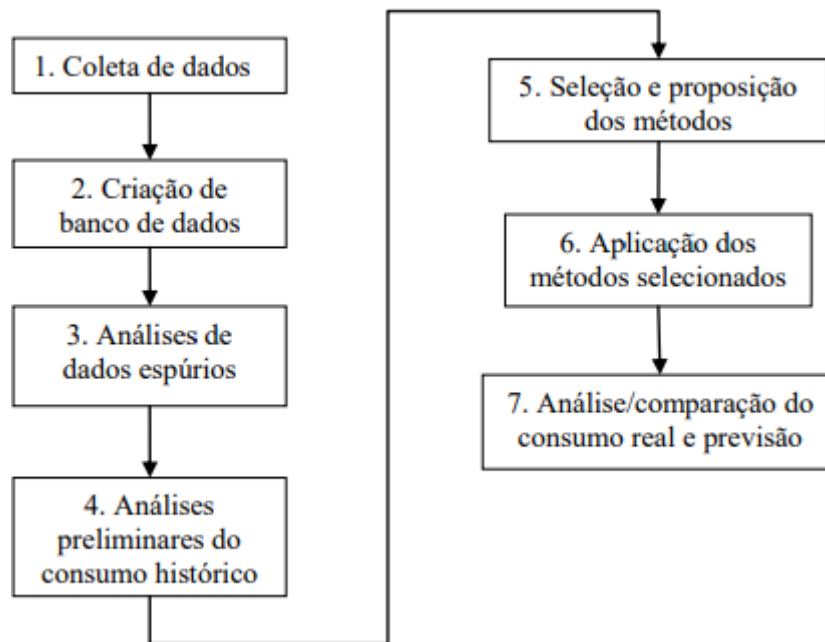
Figura 11 - Fluxo diário. Adaptado.



Fonte: ORTIZ (2015, p 52)

O caso teve a seguinte lógica, retratada na figura 12 abaixo, para a realização dos seus objetivos.

Figura 12 - Sequência metodológica. Adaptado



Fonte: ORTIZ (2015, p 56)

As sequências metodológicas estão associadas a um planejamento e modelagem do processo atual, assim como o desenho do processo proposto, respectivamente. Esses meios utilizados por Ortiz (2015) — planejamento, modelagem do processo atual e análise do processo — são as etapas do BPM. A etapa de análise se deu mediante a identificação durante o mapeamento de processo de dados espúrios e consumo. Posteriormente, foi realizado um monitoramento de gastos com materiais para a realização da remanufatura, tendo o intuito de verificar a viabilidade do processo para o conteúdo CO₂. A figura abaixo retrata o mapeamento realizado em janeiro de 2015 até março do mesmo ano.

Tabela 13 - Valores gastos mensais com CO2

VALORES DE GASTOS MENSAIS COM A COMPRA DO MATERIAL CO2				
	Modelo atual (R\$)	Modelo PREVCONS (R\$)	Modelo PREDPREV (R\$)	Modelo CONT_REV (R\$)
jan-15	7660,00	9506,06	6652,71	6931,15
fev-15	7660,00	3830,00	6143,32	6143,32
mar-15	7660,00	3830,00	4576,85	4575,70
TOTAL	22980,00	17166,06	17372,88	17650,17
MÉDIA	7660,00	5722,02	5790,96	5883,39
MÁXIMO	7660,00	9506,06	6652,71	6931,15
MÍNIMO	7660,00	3830,00	4576,85	4575,70
DESV. PADRÃO	0,00	3277,07	1081,86	1199,04

Fonte: ORTIZ (2015, p 84)

Para a obtenção dos resultados acima, Ortiz (2015) se baseou em três métodos da gestão de materiais e estoque, são eles:

PREDPREV: Indica a utilização de modelos matemáticos para previsão do consumo do material;

CONT_REV: Este modelo está atrelado a verificação dos níveis contínuos de estoque;

PREVCONS: Propõe a utilização de modelos matemáticos para previsão do consumo do material.

Dado isso, analisando as proposições dos materiais individualmente, consegue-se reduzir custos e realizar uma melhor frequência na compra. Em outros conteúdos, as análises não trouxeram vantagens e a sequência metodológica aplicada pela autora operou com algumas etapas do BPM, mesmo sem a intenção da utilização desse método. Isso contribuiu para aumentar significativamente a competitividade da empresa, em relação à disponibilidade de capital que estava sendo destinado a materiais desnecessários.

Observa-se, portanto, que se autora aplicasse a ferramenta de modelagem BPM, passando por todas as etapas do método, a empresa em estudo conseguiria obter indicadores mais explícitos para realizar tomada de decisões. Isso porque o BPM tem um bom funcionamento para processos gerenciais e de apoio. Abaixo, tem-se um quadro resumo do caso em questão.

Quadro 3 - Análise final do caso 3

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Aplicações de modelo para gestão de materiais e estoque em uma empresa de remanufatura	Sim	Não	Estudo de caso	PREVCONS, PREDPREV E CONT_REV	Redução nos custos e melhor constância nos valores com os gastos mensais na compra de materiais

Fonte: Quadro do autor

3.4. Cadeia de Remanufatura Reversa de equipamentos eletrônicos

Em sua dissertação de mestrado, Brito (2017) publicou a sua pesquisa sobre os Desafios e Oportunidades à Recicladora Urbana de Jacareí-SP, como Nucleadora de uma Cadeia de Remanufatura Reversa de Equipamentos Eletrônicos.

A pesquisa foi embasada nos resíduos eletroeletrônicos (REEEs) e de equipamentos eletroeletrônicos (EEEs), no fim de vida. Os EEEs, dependem da corrente elétrica ou campo magnético para funcionar, existindo 4 grandes grupos que integram esses equipamentos eletrônicos, divididos em branco, marrom, azul e verde. Na linha branca tem-se: refrigeradores, fogões, lavadoras de roupas e condicionador de ar. A linha marrom concentra-se no: televisor tubo, LCD/plasma, monitores, DVD/VHS, produtos de áudio, câmeras e filmadoras. Já a linha azul é compreendida por: bateadeiras, liquidificador, forno elétrico e furadeiras. Por fim, tem-se a linha verde, composta por: *desktops*, *notebook*, impressoras, celulares e monitores.

Os equipamentos dessa última linha, em específico, podem trazer riscos de contaminação por metais pesados ou outros elementos, caso as pessoas entrem em contato com esses materiais. Os riscos estão atrelados não só aos trabalhadores que realizam a coleta, triagem, descaracterização, desmontagem e reciclagem do material. Há perigo também para o consumidor, que mantém esses equipamentos antigos em sua residência. Sendo assim, a remanufatura reversa de EEEs, diz respeito à recuperação de produtos e componentes dos objetos eletrônicos. O autor, neste caso, analisou a cadeia de remanufatura reversa e seus resíduos na cadeia de valor do negócio da Recicladora Urbana (RU), com sede na cidade de Jacareí (SP). O RU se baseia nas seguintes atividades:

- I) recolhimento dos REEEs e recepção dos EEEs em desuso ou fim de vida;

- II) descaracterização dos REEEs e remanufatura dos EEEs;
- III) venda de partes, peças, componentes e resíduos;
- IV) venda e/ou doação para ONGs e entidades assistenciais.

Já as etapas adotadas pela RU, no que tange a logística, reversa são:

- I) contato inicial pela organização interessada no descarte;
- II) realização do inventário;
- III) análise preliminar da logística de coleta necessária e dos custos envolvidos;
- IV) tomada de decisão sobre a realização da atividade e dos valores a serem cobrados.

A Recicladora Urbana realiza o processo da logística reversa (coleta e transporte), que consiste no controle, inventário, separação, descaracterização dos EEEs e seus resíduos. A RU realiza também a “sanitização” dos dados e das propriedades presentes nos equipamentos remanufaturados. Essas ações realizadas se aplicam à manufatura reversa e a destinação ambientalmente correta dos materiais, após o seu processamento.

O caso em questão não detalha informações de como o processo de logística reversa é implementado, ressaltando apenas as etapas expostas anteriormente. Brito (2017) apresenta os desafios da RU relacionados às dificuldades da recicladora no início da implementação do processo de remanufatura, que está consoante às disposições preconizadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O autor também relata outro grande desafio relacionado aos catadores informais, sendo eles os seus maiores concorrentes e ameaça ao mercado de REEES da RU.

É importante ressaltar que apesar da empresa se intitular recicladora, ela é uma desmontadora, pois seria necessário tratar os componentes de EEEs e os transformassem em insumos, no intuito de retornarem a cadeia de produção para a fabricação de novos EEEs. No entanto, o que acontece é apenas um *upgrade* de computadores e *tablets*, realizando atualização ou melhoria de componentes físicos (*hardware*) ou lógicos (*software*), tendo como destino às organizações do terceiro setor e às escolas em uma perspectiva do mercado B2B (*Business to Business*), como B2C (*Business to Consumer*).

Dado os desafios de implementação da logística reversa na RU e, sobretudo, a necessidade de melhorias no que tange a manufatura, julga-se necessário uma reavaliação do conceito utilizado pelo autor em relação às atividades realizadas pela empresa. Neste sentido, não se trata da remanufatura, mas sim de um processo simples de manutenção e atualização dos equipamentos.

Apesar da inexistência de um processo robusto da remanufatura, o caso em questão usa o Gerenciamento de Processos de Negócio na aplicação do seu estudo. Inicialmente, definiu-se o objeto de estudo, levantamento bibliográfico e realizou um levantamento documental. Posteriormente, ocorreu uma visita técnica à RU, um contato com os especialistas e a elaboração dos instrumentos de pesquisas.

Ao fim, foi possível passar por todas as etapas do BPM, ou seja, planejamento, modelagem, processo atual, análise do processo, desenho do processo proposto, implementação e monitoramento do processo. Devido a sua capacidade de envolver estratégias — estruturas organizacionais, papéis, políticas, métodos e tecnologias para analisar, desenhar, implementar e gerenciar desempenho — o Gerenciamento de Processos de Negócio se apresentou eficaz na identificação de oportunidades e desafios na recicladora.

Abaixo, tem-se um quadro resumo do caso em questão:

Quadro 4 - Análise final do caso 4

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Cadeia de remanufatura reversa de equipamentos eletrônicos	Sim	Não	Estudo de caso e pesquisa de levantamento	Não utilizou	Alto potencial de mercado relacionado a logística reversa de REEEs e EEES em fim de vida e aumento da concorrência com empresas e cooperativas.

Fonte: Quadro do autor

3.5. O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes

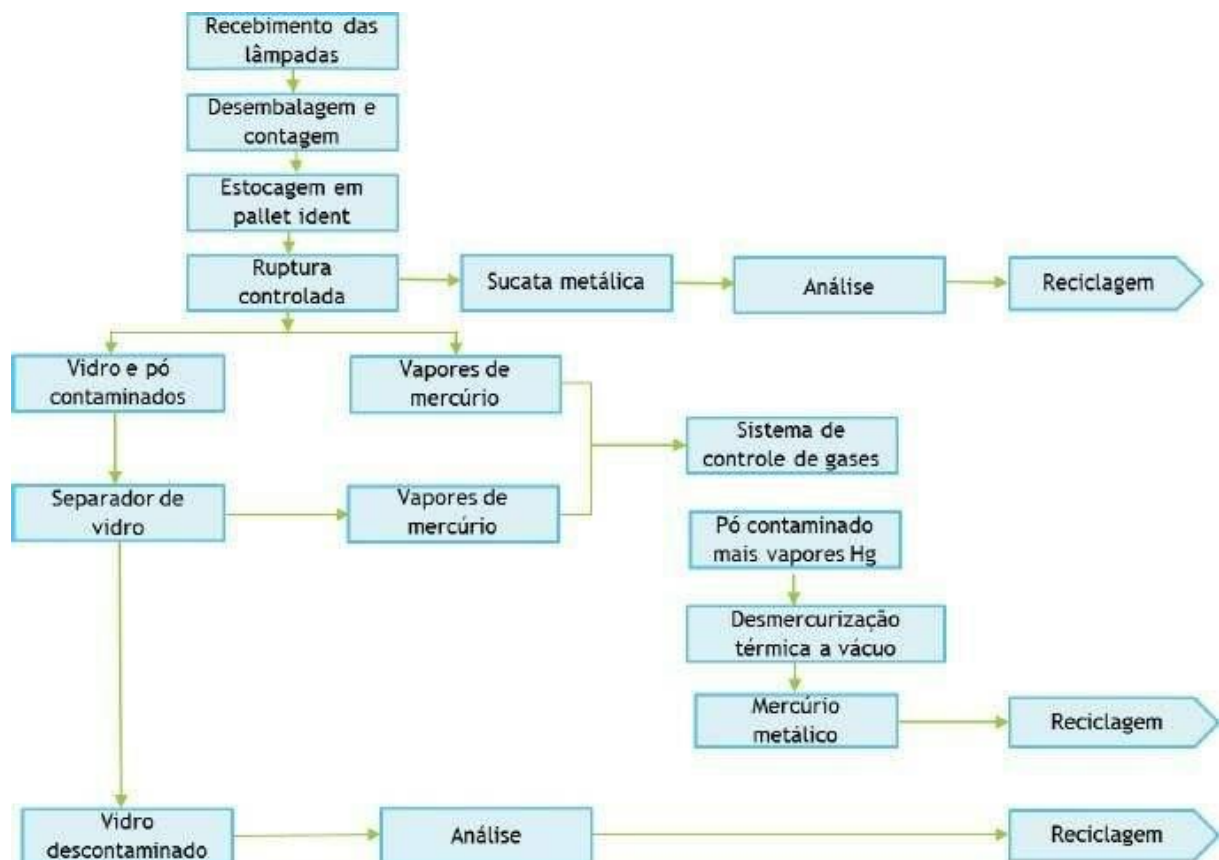
Segundo Saraiva (2015), 300 milhões de lâmpadas fluorescentes são comercializadas no Brasil, o risco atrelado a essa grande comercialização está relacionado ao descarte inadequado desse produto, em função do potencial poluidor contido em seu interior, o mercúrio. Deste modo, existe a necessidade da remanufatura e reciclagem de lâmpadas fluorescentes para

impedir a liberação do mercúrio no meio ambiente, separando o material e o encaminhando para reutilização do vidro, metais e componentes químicos, como o fósforo, por exemplo.

O caso avaliado foi redigido por Saraiva (2015) e o seu principal objetivo foi conceber um modelo de negócio, na região de Manaus, por meio da remanufatura de lâmpadas fluorescentes, tendo em vista a elaboração de um plano de negócios. O autor analisou a demanda do mercado de lâmpadas recicladas, no Polo Industrial de Manaus; descreveu o processo de tratamento para a reciclagem desses produtos, bem como a viabilidade econômica através de um modelo de negócio.

As lâmpadas fluorescentes são as mais empregadas em empresas e ambientes de trabalho, devido a sua eficiência em iluminar de 6 a 10 vezes mais do que as incandescentes, além de consumir menos energia e durarem até 20 mil horas. O processo de remanufatura de lâmpadas diz respeito à recuperação dos materiais que as constituem. A figura abaixo retrata um dos processos utilizado no Brasil, para o tratamento de lâmpadas e reciclagem do Hg.

Figura 14 – Esquema geral do processo de tratamento de lâmpadas com Hg



Fonte: SARAIVA (2015, p.54)

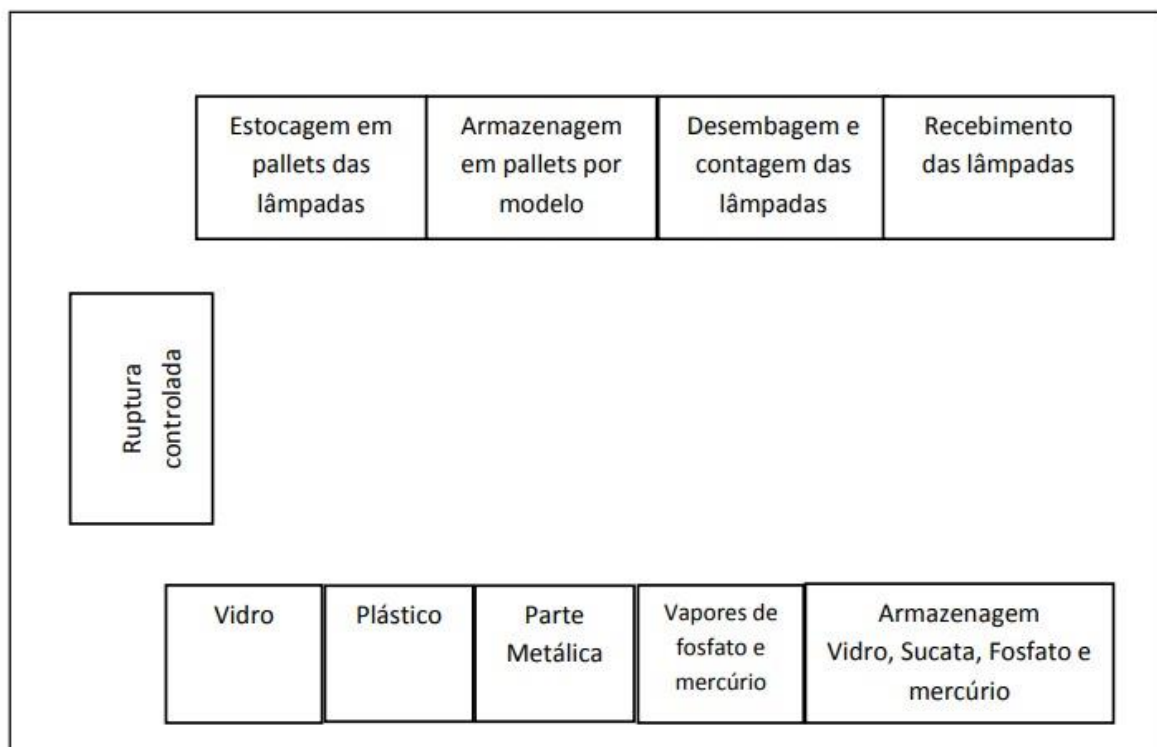
O autor, na figura acima, expõe 6 alternativas para a destinação final do tratamento das lâmpadas, sendo: disposição em aterros; moagem simples; moagem com tratamento térmico; moagem com tratamento químico; tratamento por sopro; solidificação/ encapsulamento.

Segundo Saraiva (2015), o processo de remanufatura se inicia com informações aos clientes, de como ocorrerá o transporte e o acondicionamento, no intuito de evitar a quebra do bulbo e estabelecer um destino mais apropriado, seja reciclagem ou aterro sanitário. Em seguida, o autor apresenta 4 diferentes técnicas de remanufatura das lâmpadas:

- Utilização do pó fosfórico em novas lâmpadas, em tintas como o pigmento polo cerâmico;
- Reuso do vidro após ser quebrado e reduzidas as suas dimensões, para ser utilizado como mistura em massa asfáltica e em materiais cerâmicos;
- Reutilização do alumínio em uma nova lâmpada com soquetes;
- Uso do mercúrio em termômetros ou retornar para uma nova lâmpada.

Quando ocorre a ruptura da lâmpada, os elementos são separados em metálica, vapores de Hg e pó contaminado. A figura abaixo ilustra um *layout* desenvolvido por Saraiva (2015).

Figura 15 - Layout da empresa



Fonte: SARAIVA (2015, p.76)

O processo para a remanufatura de separação das lâmpadas fluorescentes ocorre em nove etapas:

- Recebimentos das lâmpadas pós consumo;
- Desembalar as lâmpadas;
- Separar por modelo e acondicionar em pallets;
- Armazenagem;
- Trituração, redução de volume;
- Separação dos constituintes das lâmpadas;
- Condicionamento em filtros para o pó de fosfato e Hg;
- Acondicionamento em tambores o vidro, plástico, sucata;
- Expedição do produto.

Esse caso apresenta uma análise sobre a viabilidade da implementação do processo de remanufatura. O autor Saraiva (2015) expõe informações sobre um modelo de negócio apresentando área de atuação, missão, visão, valores, objetivos do negócio, cenário da empresa, estrutura organizacional, plano de marketing, plano operacional, plano financeiro e simula cenários realistas, pessimistas e otimistas. Por esse ângulo, é notável a aplicação do BPM em seu plano de negócio voltado a remanufatura de lâmpadas fluorescentes.

Percebe-se o quanto é indispensável o uso de um método que vise auxiliar e corroborar com a manutenção do modelo de remanufatura. A implementação da ferramenta de modelagem se mostrou eficaz, devido a sua capacidade de gerenciar o processo com mais objetividade. O autor avaliou o estágio atual da empresa, diferenciais competitivos, localização geográfica, alianças estratégicas e responsabilidade social. Além disso, foi analisado os recursos financeiros, estrutura organizacional, plano operacional e caracterização do produto. Abaixo, tem-se um quadro resumo do caso em questão:

Quadro 5 - Análise final do caso 5

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes	Sim	Não	Bibliográfica	Não utilizou	Modelo de negócios é viável para empresas privadas com ganhos financeiros e atendendo as necessidades da sociedade

Fonte: Quadro do autor

3.6. Estudo de caso em uma indústria de remanufatura de peças automotivas

O objetivo deste caso é examinar a efetividade da filosofia da manufatura enxuta, no gerenciamento do processo de remanufatura. Assim, foi elaborado pelo autor Hilsdorf (2019), um estudo de caso em uma empresa alemã fabricante de peças automotivas, líder global do segmento de embreagens. A companhia, por sua vez, tem na remanufatura uma de suas estratégias de produção.

A remanufatura na empresa estudada tem início pela captação de produtos que estão no fim da sua vida útil. Os materiais são oriundos de três acessos: distribuidores e frotistas, montadoras e sucateiros. As equipagens recebidas são separadas conforme a sua qualidade e modelo, esta análise é feita por inspeção visual e estocada, até o momento de ser retomado a condição de novo.

A primeira fase é realizar a desmontagem, originando placa de pressão, carcaça, mola membrana e componentes não remanufaturados. Logo depois, é feita a limpeza por jateamento e cada componente segue um fluxo distinto de operação, envolvendo inspeção e montagem. Vale ressaltar que o platô de embreagem não tem inúmeros detalhes ou componentes sensíveis, que possam ser surrados durante o processo, portanto, a desmontagem não implica muitos riscos. Entretanto, este procedimento é o principal do processo, devido não ser padronizado e demanda muito tempo de processamento em máquina. A empresa estudada apresenta as seguintes dificuldades:

Diferenças na qualidade das peças retornadas: A principal dificuldade enfrentada pela empresa são as dúvidas da qualidade do material entregue para ser remanufaturado, pois essa especificidade afeta no planejamento da linha de produção.

Logística reversa: O processo de logística reversa é complicado, pois abrange tanto a seleção como a quantidade de fornecedores, locais e períodos de coleta. Não existe uma rotina bem definida e organizada em relação ao retorno dos produtos, visto que os diferentes fornecedores entregam as sucatas em períodos distintos.

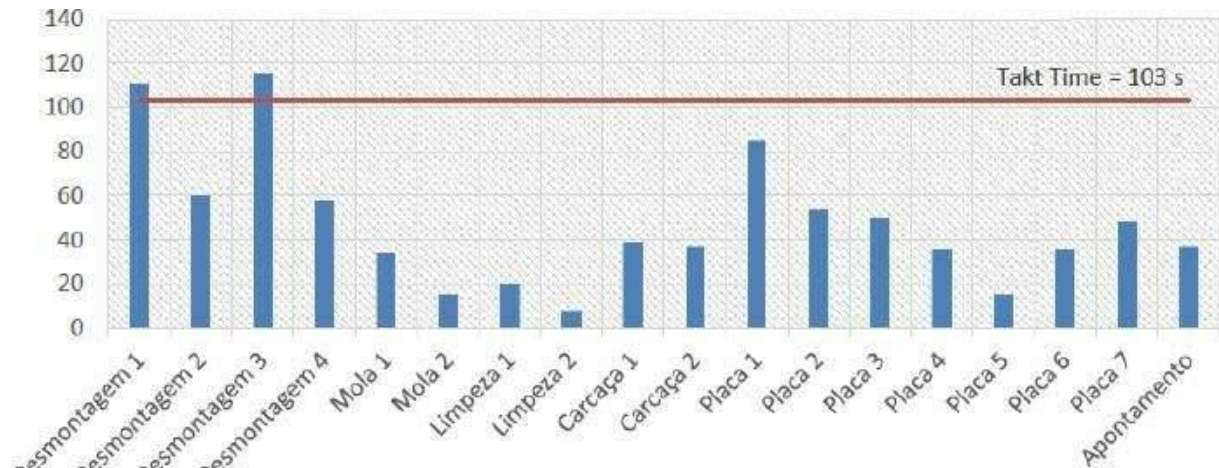
Restrições de materiais equivalentes: Quando a empresa em estudo recebe um produto para ser remanufaturado, este teria que ser devolvido montado com seus próprios componentes. Todavia, o processo de remanufatura na empresa é realizado em grande escala, sendo assim, implementar um controle unitário para cada componente torna-se inviável.

Incerteza de rotas e tempo de processamento: Esta dúvida se dá com as etapas complementares que devem ser executadas dependendo do nível de desgaste que os componentes estão.

O mapeamento do fluxo de valor atual foi elaborado pelos autores, respeitando as delimitações do processo, tanto as entradas quanto as saídas. O fluxo de informação e produção também foram considerados. A interatividade do setor produtivo como o setor de vendas, planejamento e compras foi incrementada na elaboração do fluxo.

A empresa estudada forneceu alguns dados que apontaram uma demanda média de 10.516 peças por mês, tendo em vista que um mês possui 22 dias úteis e que a média de desmontagem é de 239 peças/turno, chegando a um *takt time* de 1 minuto e 43 segundos por conjunto. Na figura 16 abaixo estão apresentados os tempos de ciclo de cada operação com o *takt time* do conjunto.

Figura 16 - Tempo de ciclo de cada operação.



Fonte: HILSDORF (2019, p. 655)

Após feito todo o mapeamento, foi realizado um *brainstorming* com a participação de todos os envolvidos no processo produtivo, no intuito de propor melhorias para os problemas identificados no fluxo de produção. O Quadro 1 mostra as dificuldades encontradas, onde estão situados os desperdícios, bem como a pontuação do critério de priorização estabelecido. Essa pontuação está vinculada ao grau de impacto direto no sistema produtivo. Quanto aos números, o 3 representa a possibilidade direta de ganho de produtividade; o 2 representa a oportunidade de eliminar desperdícios em setores que possuem interrelação com a remanufatura; e o número 1 mostra o ganho de produtividade indireta.

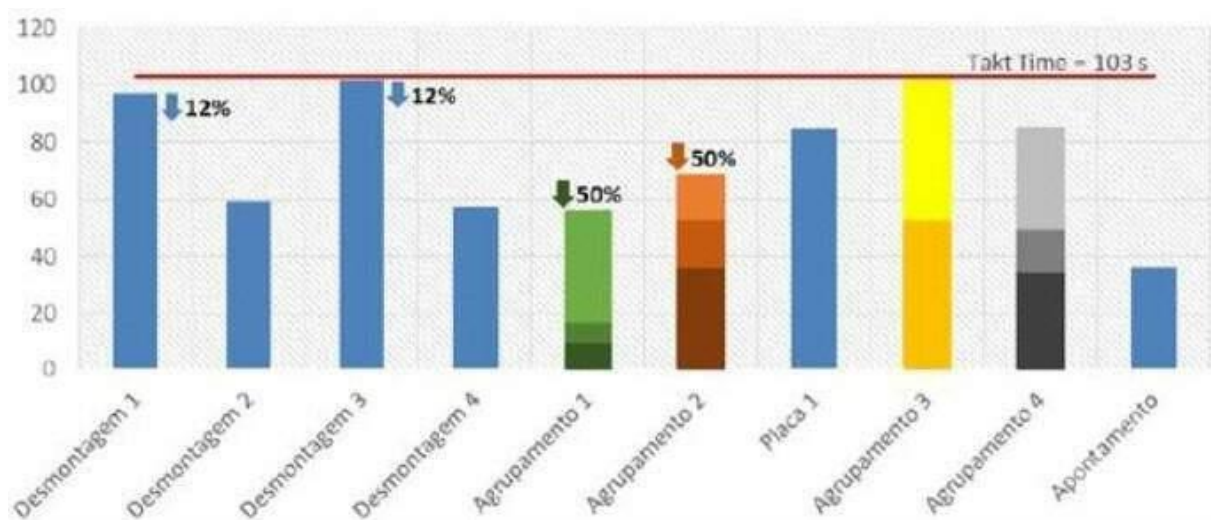
Quadro 6 - Problemas identificados

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 disponibilidade 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 com materiais para produtos com baixa demanda.	Estoque	2
	Desmontagem de componentes por similaridade.	Desmontagem	3
Movimentação	Movimentação desnecessária.	Desmontagem	1

Fonte: Quadro do autor

Figura 17 - Análise do tempo de ciclo e takt time futuro. Adaptado



Fonte: HILSDORF (2019, p. 663)

Assim, diante do exposto, o autor usou o mapeamento do fluxo de valor para definir as métricas e obter resultados satisfatórios no cumprimento de seu objetivo. Portanto, os indicadores-chaves foram obtidos na tomada de decisão, dentro de seu processo de remanufatura. O quadro abaixo retrata esses indicadores.

Quadro 7 - Indicadores de desempenho

Indicadores	Estado atual	Estado futuro	% Melhoria
Lead time	16h 53min	4h 09 min	75
Tempo de processamento	762,56 seg	680,57seg	10
Estoque em processamento	0,6946 dia	0,3117 dia	55
Número de operadores	17	10	41

Fonte: Quadro do autor

Abaixo tem-se um quadro resumo dos ganhos obtidos para cada tipo de perda.

Quadro 8- 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 desnecessariamente
Espera	Alocação de MP em diversos locais	Unificação de estoques; Aplicação da ferramenta 5S	Economia de até 10 minutos/peça
	Falta de armazenamento para armazenamento de MP	Identificação do conteúdo; Recuperação das prateleiras	
	Alta disponibilidade de máquinas	Implantação de TPM; Treinamento de operações	Aumento de cerca de 8% na disponibilidade do equipamento da "limpeza 1"
Transporte	Layout 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 da 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	Elaboração de livro de referência para verificação	Redução de cerca de 13% sem custo de aquisição de MP
	Processamento de componentes defeituosos	Elaboração de livro de referência para verificação	Melhor assertividade na garantia
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\$ 180,00,00 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: Quadro do autor

Por meio do mapeamento de fluxo de valor, foi possível identificar e mapear vários desperdícios causados por atividades não padronizadas na remanufatura dos produtos da empresa. Neste sentido, o Mapeamento do Fluxo de Valor conseguiu resultados satisfatórios no sistema de remanufatura, pois a aplicação correta favoreceu a redução de desperdícios e melhora na produtividade da empresa. O quadro abaixo retrata o resumo do caso estudado.

Quadro 9 - Análise final do caso 6

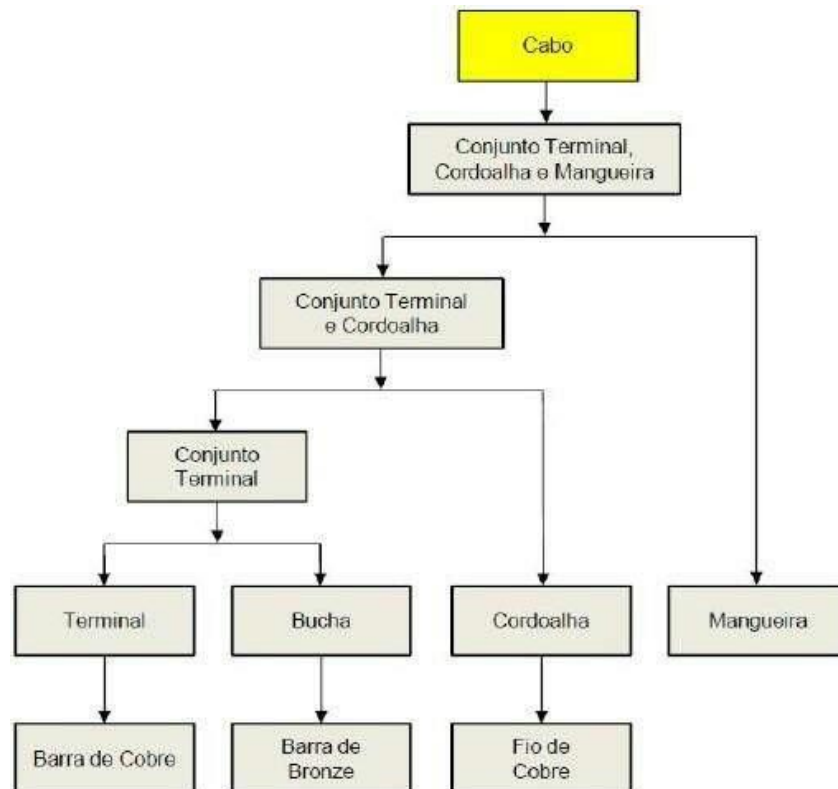
Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Estudo de caso em uma indústria de remanufatura de peças automotivas	Não	Sim	Estudo de caso	Não utilizou	Identificação e mapeamento de forma clara dos desperdícios causados por atividades não padronizadas

Fonte: Quadro do autor

3.7. Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (VSM) para medição da sustentabilidade.

Em sua dissertação, Santos (2017) objetivou verificar a viabilidade de medição da sustentabilidade do processo de fabricação de cabos refrigerados a água, utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor. A figura 18 abaixo retrata esse processo.

Figura 18 - Diagrama



Fonte: SANTOS (2017, p.50)

Com intuito de alcançar tais objetivos, o autor realizou o estudo de 6 modelos, o primeiro deles avalia a energia elétrica em tempo de ciclo, energia elétrica com valor agregado e sem valor agregado. Para isso, utilizou-se o EVSM (extensão da prática VSM). Deste modo, foi possível determinar qual parte da operação está havendo o consumo com valor agregado e saber onde tomar as ações necessárias, para aumentar a eficiência de energia.

O segundo modelo teve como enfoque melhorar o desempenho dos fluxos de suporte (material, energia elétrica e resíduo) e reduzir os níveis de resíduos e impactos ambientais. O modelo possui 5 etapas, sendo elas: Estabilizar o fluxo de valor, identificar os aspectos e os impactos ambientais, medição ambiental do fluxo de valor, melhoria ambiental do fluxo de valor e, na última etapa, a realização da melhoria contínua.

O terceiro modelo é fundamentado nas práticas da manufatura enxuta, sendo suas etapas: o mapa de fluxo de valor ambiental, redução dos defeitos de fabricação (5S), manufatura celular (redução de energia elétrica), redução de energia elétrica (SMED) e redução de emissões no ar (TPM). Já o quarto modelo também é baseado nas práticas de manufatura enxuta com enfoque ambiental, sendo as suas etapas: o 5S, a seleção do processo, o mapeamento do estado atual, o mapeamento e implementação do estado futuro, e o SMED.

O quinto modelo tem um foco ambiental e na remanufatura, mas atualmente considera uma métrica denominada *Carbon Value Efficiency* (CVE) para a medição do desempenho ambiental. Já o último modelo proposto emprega o conceito de processo, isto é, na entrada e na saída de material.

Após realizadas todas as aplicações dos modelos propostos, obtiveram-se os resultados das operações sobre o consumo de água, de matéria-prima e de energia, assim como a vertente econômica e social do processo. Neste sentido, por meio do mapeamento do fluxo de resíduos, identificou-se recipiente e equipamento ineficientes, embalagens não utilizadas, falta de lixeiras para algumas frações de resíduos, falta e má qualidade das instruções, ineficiência na escolha do tratamento final dos resíduos, ineficácia e custo desnecessários de transportes externos.

Diante do mapeamento, foi possível perceber que as ineficiências encontradas estavam tanto no processo logístico direto quanto no reverso, mas em especial no processo reverso que é pouco definido. No entanto, o autor conseguiu obter resultados satisfatórios através da modelagem como mostrado na figura 19 abaixo.

Figura 19 - Consumo de água

Consumo de Água (Litros)			
Operações	Necessário	Utilizado	Perdido
1.010 + 2.010	0	0	0
1.030 + 2.030	5	9	5
1.040 + 2.040 + 3.010	0	0	0
5.070 + 3.050	0	0	0
5.080 + 3.060	0	0	0
6.090	0	0	0
6.100 + 4.010	0	0	0
7.110	5	5	5
8.120	0	0	0
Total	10	14	10

Fonte: SANTOS (2017, p.58)

Como é possível perceber acima, o excesso de consumo e a perda de água foram localizados nas operações de usinagem (operações 1.030 e 2.030) e na operação de montagem da mangueira (operação 7.110). Já as demais operações não necessitaram de água.

Figura 20 - Consumo de matéria prima

Consumo de Matéria-Prima (Quilograma)			
Operações	Necessário	Utilizado	Perdido
1.010 + 2.010	0	0	0
1.030 + 2.030	89	73	16
1.040 + 2.040 + 3.010	0	0	0
5.070 + 3.050	631	631	0
5.080 + 3.060	0	0	0
6.090	0,2	0,2	0
6.100 + 4.010	0	0	0
7.110	112	112	0
8.120	0	0	0
Total	832,2	816,2	16

Fonte: SANTOS (2017, p.59)

No que tange a matéria-prima, 89kg é o seu peso inicial para a fabricação do terminal e da bucha. Na operação de montagem da mangueira (7.110) são acrescentados 112 kg de material; na cordoalha (6.090) é somado 0,2 kg de material usado na solda para unir ao terminal; nas operações de usinagem (1.030 e 2.030) são retirados 16 kg de material para a usinagem do terminal e da bucha. Como mostrado na figura 21 abaixo, o consumo total de energia foi de 116,7 kWh e 0,9 kg de GLP por cabo fabricado.

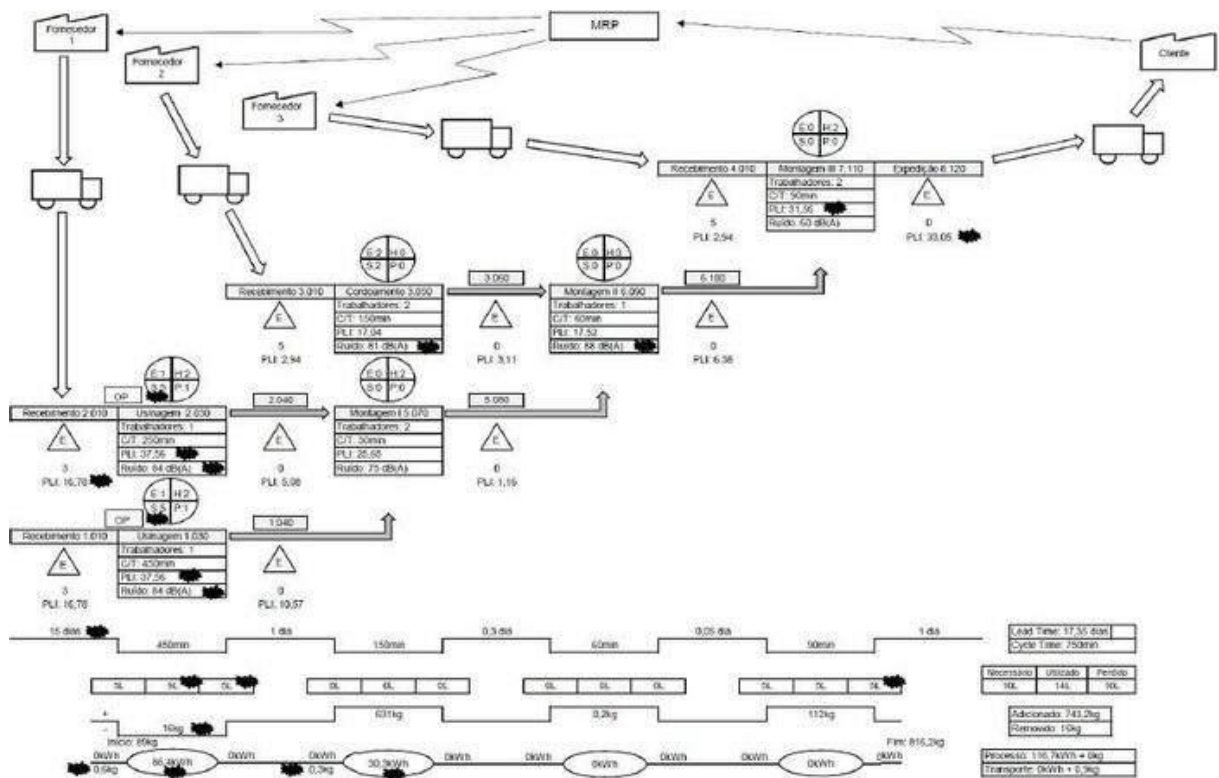
Figura 21 - Consumo de energia

Consumo de Energia						
Operações	Necessário		Utilizado		Perdido	
	Elétrica	GLP	Elétrica	GLP	Elétrica	GLP
1.010 + 2.010	-----	0,6kg	-----	0,6kg	-----	0,6kg
1.030 + 2.030	86,4kWh	-----	86,4kWh	-----	86,4kWh	-----
1.040 + 2.040 + 3.010	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5.070 + 3.050	30,3kWh	0,3kg	30,3kWh	0,3kg	30,3kWh	0,3kg
5.080 + 3.060	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.090	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6.100 + 4.010	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.110	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8.120	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	116,7kWh	0,9kg	116,7kWh	0,9kg	116,7kWh	0,9kg

Fonte: SANTOS (.2017, p.60)

Por fim, tem-se o Mapeamento de Fluxo do processo de fabricação do Cabo Refrigerado à água utilizado no estudo de caso em questão.

Figura 22 - Mapeamento do Fluxo



Fonte: SANTOS (2017, p. 63)

O Mapeamento de Fluxo de Valor permitiu quantificar e visualizar o consumo de energia elétrica e do gás nas diversas operações realizadas, sendo elas o recebimento, usinagem e cordoamento. Ainda, há a possibilidade de diminuir o consumo de energia elétrica e quantificar as perdas presentes nos processos. Deste modo, o Mapeamento do Fluxo de Valor se mostrou eficaz e útil, no que tange o processo reverso de cabos refrigerados a água.

Quadro 10 - Análise final do caso 7

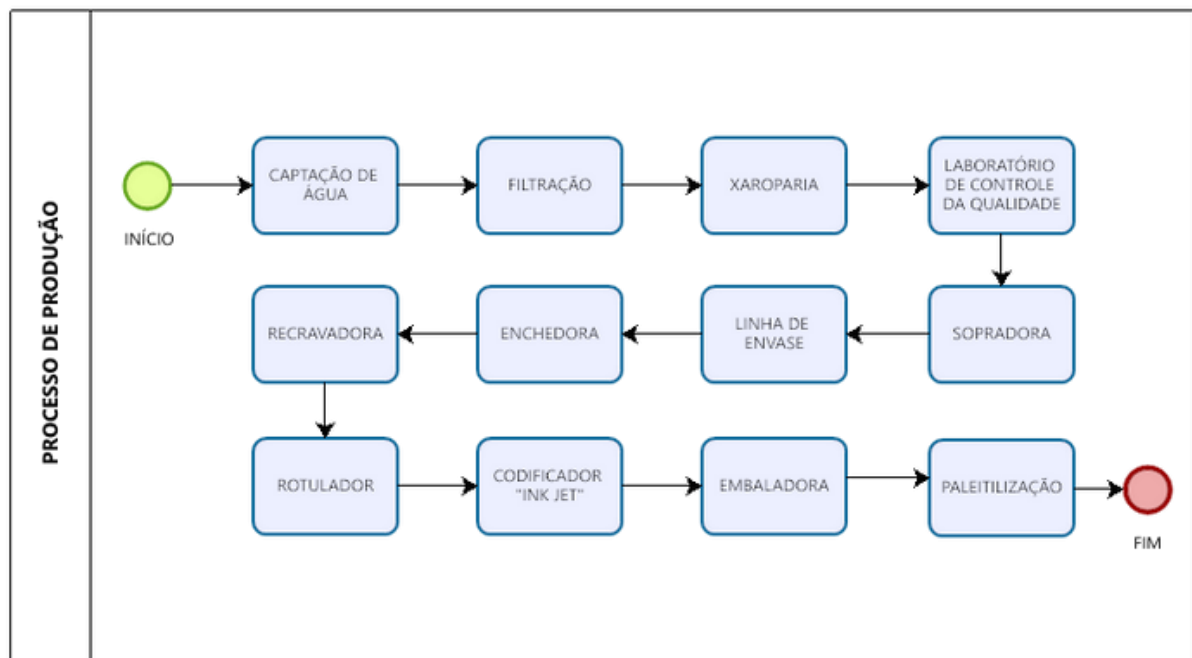
Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (VSM) para medição da sustentabilidade	Não	Sim	Estudo de caso e pesquisa de levantamento	EVSM (extensão da prática VSM)	Quantificar o consumo de energia elétrica e gás nas diversas operações realizadas

Fonte: Quadro do autor

3.8. Das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes

Santos (2015), em sua dissertação, apresentou a aplicabilidade da metodologia Seis Sigma na otimização das atividades de uma engarrafadora de refrigerantes. O objetivo foi reduzir os custos e aumentar a qualidade dos serviços oferecidos. A organização estudada é considerada uma empresa de transformação, devido a sua quantidade de processos. A figura 23, abaixo, retrata o fluxo de produção.

Figura 23- Fluxo de produção

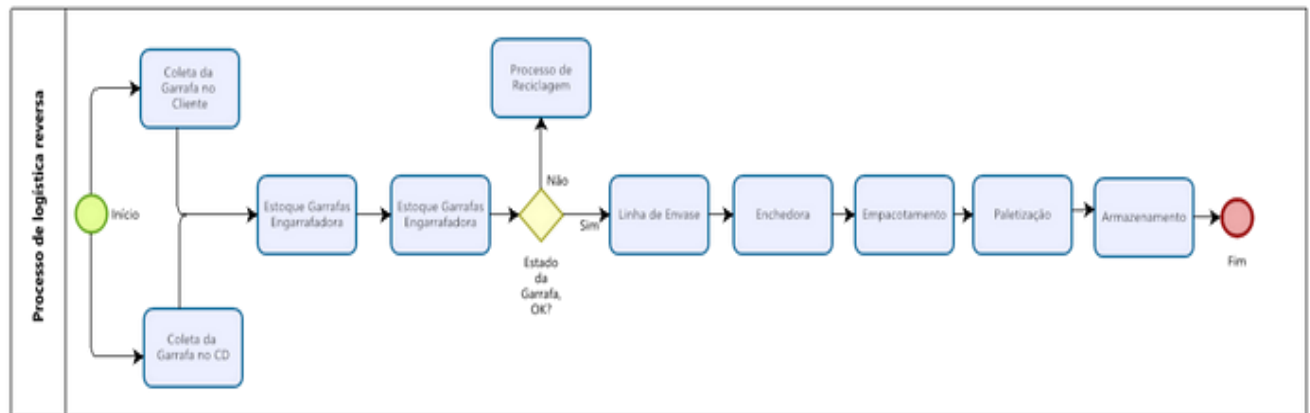


Fonte: Ilustração do autor.

O processo básico para obter o refrigerante se dá a partir do preparo do xarope. Contudo, para a obtenção desse composto é necessário, antes, compor o xarope simples através da dissolução de açúcar em água quente tratada. Logo em seguida, adiciona-se à composição os acidulantes, conservantes e o aroma que irá compor o sabor do refrigerante. Seguidamente, o xarope receberá a água gaseificada e, finalmente, se transformará no refrigerante.

O processo descrito acima é o direto, pois o reverso inicia-se após o consumo do refrigerante pelo cliente. A figura 24 retrata o fluxo de retorno das garrafas ao processo produtivo.

Figura 24 - Fluxo reverso de produção

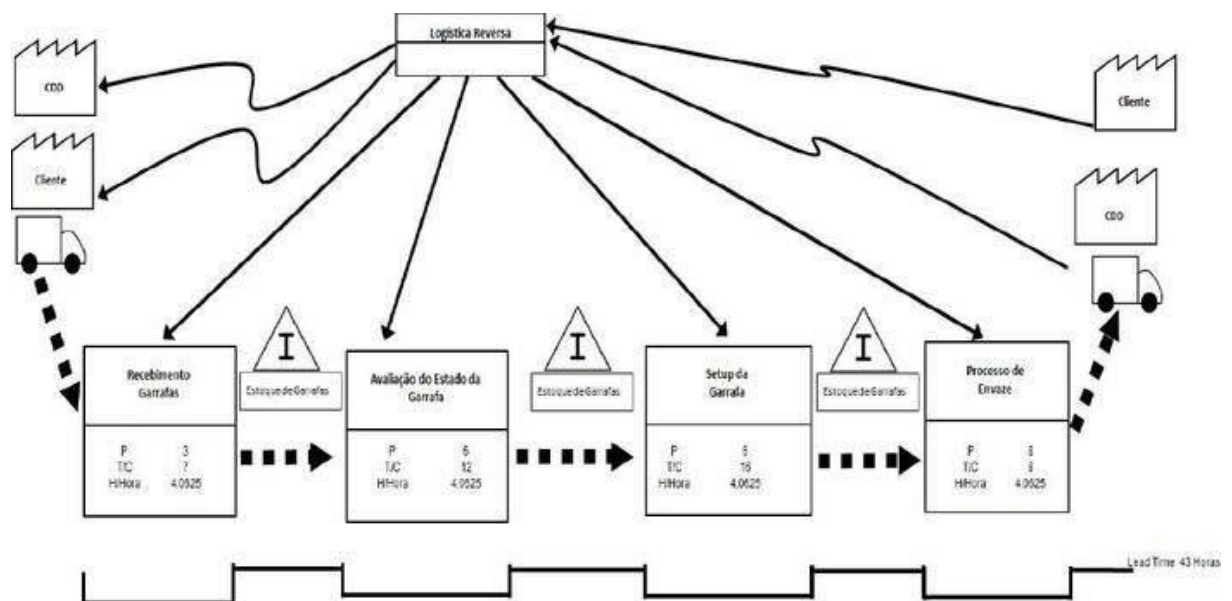


Fonte: Ilustração do autor.

O processo acima descrito retrata as atividades de estocagem e o estado da garrafa, mostrando os principais gargalos no fluxo de logística reversa. Dependendo de como este fluxo é planejado e guiado, existirá uma maior ou menor eficiência. Ainda, o controle de entrada, tempo de ciclo reduzidos e rede logística reversa planejada são os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento positivo do retorno das garrafas ao ciclo produtivo.

Diante da necessidade de realizar uma avaliação mais ampla do fluxo reverso, a empresa em estudo aplicou o Mapeamento do Fluxo do Valor. Inicialmente, foi realizado o mapa de estado atual do processo de retorno das garrafas, como mostrado na figura 25 abaixo.

Figura 25 - Mapa do estado atual



Fonte: SANTOS (2015, p.72)

O processo reverso acima necessitava de 24 colaboradores para trabalhar em todas as etapas e consumir um *lead time* de 43 horas. A maior demanda era manter os estoques intermediários entre cada atividade, como no recebimento de garrafas, setup da garrafa e avaliação do estado da garrafa.

O mapa de estado atual expôs uma visão profunda do ciclo reverso, com isso foi possível identificar os desperdícios e principalmente o que não agregava valor. Nesta perspectiva, foram desenvolvidas três perguntas pertinentes a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor, mediante o que a literatura define:

Onde estão as etapas que agregam valor? Como o trabalho pode ser executado com mais velocidade? Onde está a variabilidade do processo?

Para responder a esses questionamentos, realizou-se o Evento Kaizen, com intuito de propor melhorias. Neste projeto de melhoria rápida foram identificados os desperdícios no fluxo de valor e cada atividade foi associada a um tipo de desperdício, sendo: 1 = Indica fraca associação; 3 = Indica associação razoável; 9 = Indica forte associação. O quadro abaixo retrata os desperdícios encontrados.

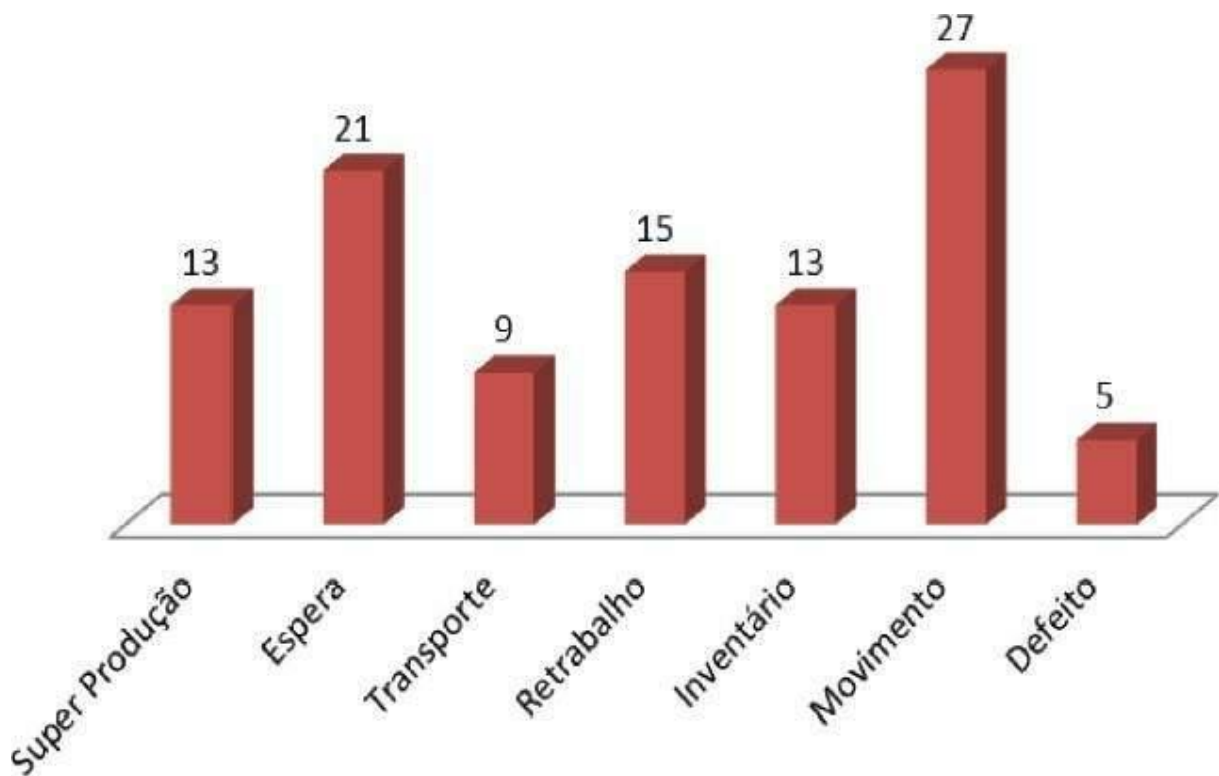
Quadro 11 - Desperdícios encontrados

Etapa	Descrição	Desperdícios						
		Super Produção	Espera	Transporte	Retrabalho	Inventário	Movimento	Defeito
Recebimento da garrafa	Recebimento da garrafa que retorna dos centros de distribuição e dos clientes	1	9	3	3	9	9	1
Avaliação do estado da garrafa	Avaliação do estado da garrafa: se está em condição de reutilização sem o processo de produção.	9	9	3	9	1	9	1
Configuração da garrafa	Organização e separação dos vários tipos de garrafas.	3	3	3	3	3	9	3

Fonte: Quadro do autor

Realizar a priorização desses desperdícios serviu como suporte para propor soluções e tomar decisões mais assertivas. O gráfico abaixo retrata a classificação dos desperdícios.

Figura 26 - Classificação dos desperdícios



Fonte: SANTOS (2015, p.77)

Como apresentado acima, os desperdícios mais recorrentes são: espera, movimento, inventário e retrabalho. Desses desperdícios, foi possível propor melhorias, como mostrado no quadro 12 abaixo, incluindo critérios do diagrama PACE (sendo o P a implementação fácil e benefício grande; A= implantação fácil benefício pequeno; C= implementação difícil e benefício grande; E= implantação difícil e benefício pequeno).

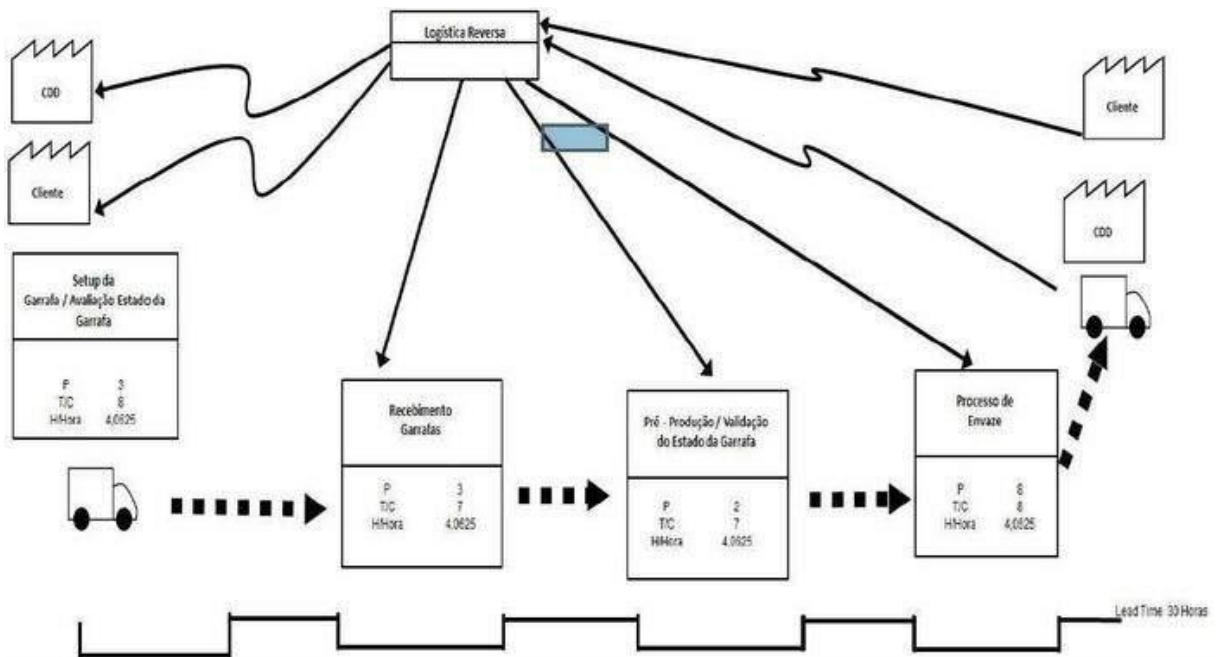
Quadro 12 - Propostas de melhoria

Etapa	Solução	Critério
Recebimento da Garrafa	Padronização do processo recebimento	PACE
	Gestão Visual com informações dos lotes recebidos	A
	Utilização de Cartões Kanban para identificação do estado e família das garrafas	C
Avaliação do Estado da Garrafa	Padronização do processo de identificação do estado da garrafa	A
	Gestão Visual com informações dos lotes de garrafas	P
	Poka Yoke na Identificação da Garrafa: para que as garrafas possam apresentar um estado satisfatório para reutilização no processo produtivo	C
Setup da Garrafa	Aplicar o '5S' no momento de recolhimento da garrafa no cliente e no CD	C

Fonte: Quadro do autor

Após todas as considerações, realizou-se o Mapeamento do Fluxo de Valor para o Estado Futuro e, com isso, a eliminação das atividades de recebimento das garrafas que não agregavam valor ao cliente e geravam perdas. A imagem abaixo retrata o mapa.

Figura 27- Mapa do estado futuro



Fonte: SANTOS (2015, p.98)

Os maiores ganhos de produtividades foram o Setup das Garrafas no Cliente (11%); a verificação do estado da garrafa no momento da separação (12%); validação das garrafas antes do retorno para o processo produtivo no prazo de 1 dia (16%); gestão visual com informações dos lotes recebidos (13%).

Os ganhos financeiros no processo apresentaram uma redução de 25% nos custos de produção. Além disso, o número de colaboradores foi diminuído de 24 para 16, enquanto os outros foram remanejados para atuar em outros cargos na empresa. O quadro resumo abaixo apresenta a análise final do caso 8 em questão.

Quadro 13 - Análise final do caso 8

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Otimização das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes	Não	Sim	Estudo de caso	Diagrama PACE	Diminuição do número de colaboradores de 24 para 16 e redução de custos de produção de 25%

Fonte: Quadro do autor

3.9. Caracterização e parâmetros para organização da Cadeia Reversa de pneus usados

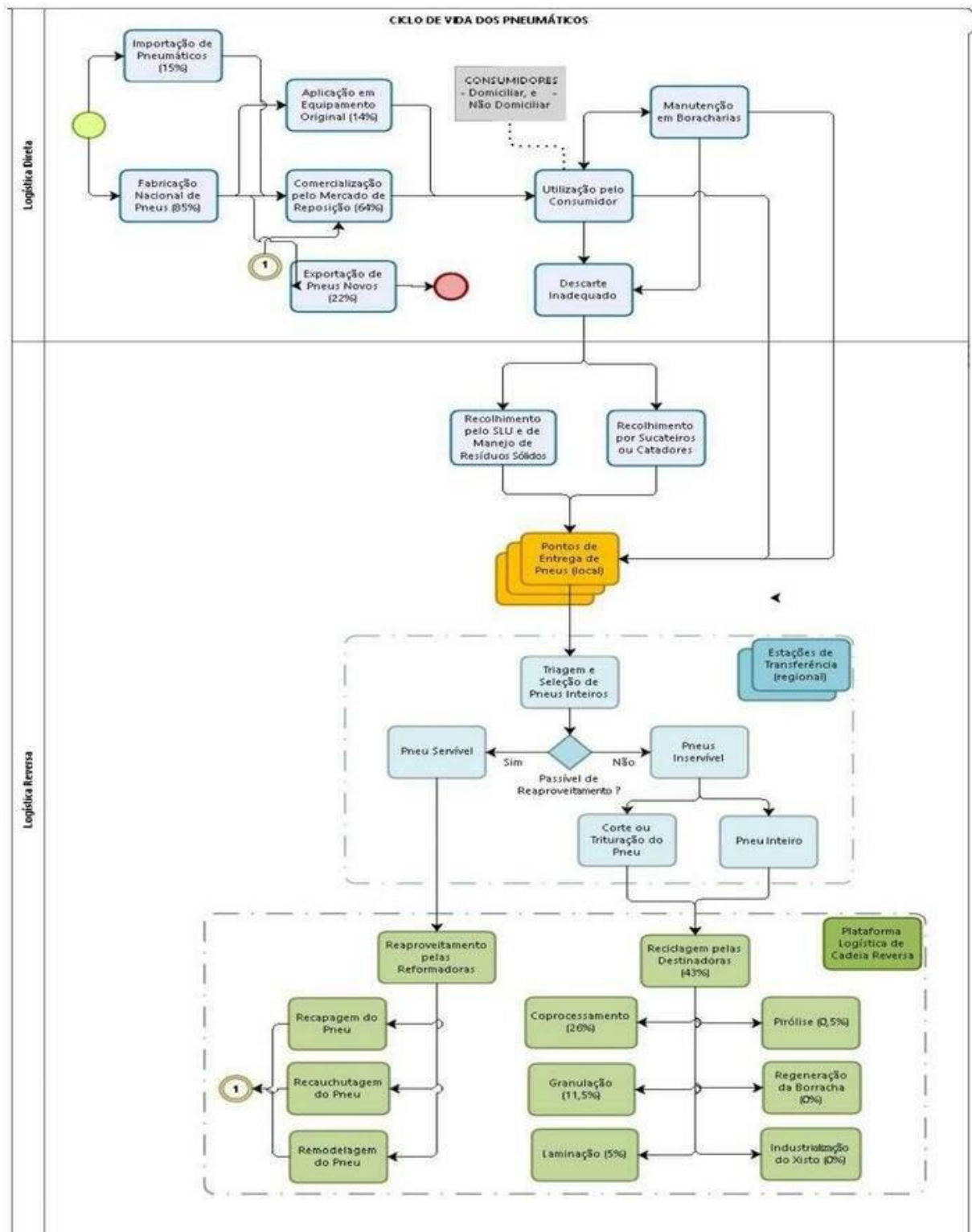
O foco central do caso a ser analisado é construir um modelo conceitual de plataforma logística para cadeia reversa de pneus usados. O processo logístico reverso dos pneumáticos conta com um Ponto de Coleta de Pneus, algo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 416/09 e que visa a necessidade de implantação de pelo menos um ponto de coleta de pneus usados nos municípios com mais de 100.000 habitantes.

A reforma de pneus usados (reaproveitamento) inclui recapagem, recauchutagem e remodelagem. No primeiro processo troca-se apenas a banda de rodagem do pneu, no segundo processo substitui-se a banda de rodagem e os ombros do pneu e, por fim, no último processo o pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos.

Conforme a resolução CONAMA nº 416/09, os pneus inservíveis apresentam danos irreparáveis em sua estrutura. Os processos para essa categoria de pneus são: Granulação (reciclagem mecânica), laminação (fabricação de artefatos de borracha), pirólise (reciclagem energética), coprocessamento (fornos de clínquer), coprocessamento (industrialização do xisto) e regeneração da borracha (desvulcanização).

O fluxograma abaixo retrata o ciclo de vida dos pneus pneumáticos, tanto para o fluxo direto do processo quanto no retorno dos pneus.

Figura 28-Fluxo direto e reverso. Adaptado.



Fonte: ALMEIDA (2018, p. 83)

A proposta conceitual de uma Plataforma Logística da Cadeia Reversa (PLCR) foi baseada no método Delphi. Através desse método foi possível colher uma gama de informações expostas por diversos especialistas na área, que responderam às seguintes questões: “Definição

de Plataforma Logística”; “Aderência da Plataforma Logística a Logística Reversa”; “Administração do Empreendimento é um Processo de Gerenciamento?”; “Apoio às Pessoas é um Processo de Suporte?”; “Assistência aos Veículos é um Processo de Suporte?”; “Logística Integrada é um Processo Essencial?”; “Produção de Bens é um Processo Essencial ?”; “Suporte às Operações é um Processo de Apoio?”; “Tecnologia da Informação e da Comunicação é um Processo de Gerenciamento?”; “Os 7 (sete) Processos de Negócios Representam as Atividades de uma PL ?”.

O objetivo principal foi o aprimoramento da definição da Plataforma Logística, como:

“uma infraestrutura especializada e sustentável, localizada em uma área nodal estratégica, servida por um conjunto de unidades logísticas, que reúnem atividades e serviços de agregação de valor à carga. Esse empreendimento, por contar com sistemas inteligentes e a complementariedade modal, proporciona sinergia entre os atores envolvidos e o fortalecimento estratégico dos negócios”. (Almeida, 2018, p. 95)

Diante de todos os estudos, foi possível identificar que as dimensões da superfície de uma PLCR devem ficar restritas ao tamanho intermediário (área média de 735.000m²) e pequeno (área média de 320.000m²). Os dados mencionados foram baseados na demanda de pneumáticos usados em um raio aproximado de até 500 Km, o principal modo de transporte foi o rodoviário.

À vista disso, o modelo de referência que serviu como base para a estruturação da pesquisa foi o Gerenciamento dos Processos de Negócios, sendo possível ter as seguintes contribuições a partir desse conceito: estabelecimento dos pontos de entrega e das estações de transferência da logística reversa; revisão das competências do IBAMA, já que o mesmo não fiscaliza o processo de reforma de pneus; reestruturação da priorização das técnicas de destinação final; legitimação de um acordo setorial para o segmento de pneus usados; construção do diagrama representativo do “ciclo de vida dos pneumáticos”. O quadro abaixo retrata as principais considerações acerca do caso estudado.

Quadro 14 - Análise final do caso 9

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Caracterização e parâmetros para organização da cadeia reversa de pneus usados	Sim	Não	Estudo de campo	Fluxograma	Revisão das competências do IBAMA , reestruturação da priorização das técnicas de destinação final, legitimação de um acordo setorial para o segmento de pneus usados, construção do diagrama representativo do “ciclo de vida dos pneumáticos

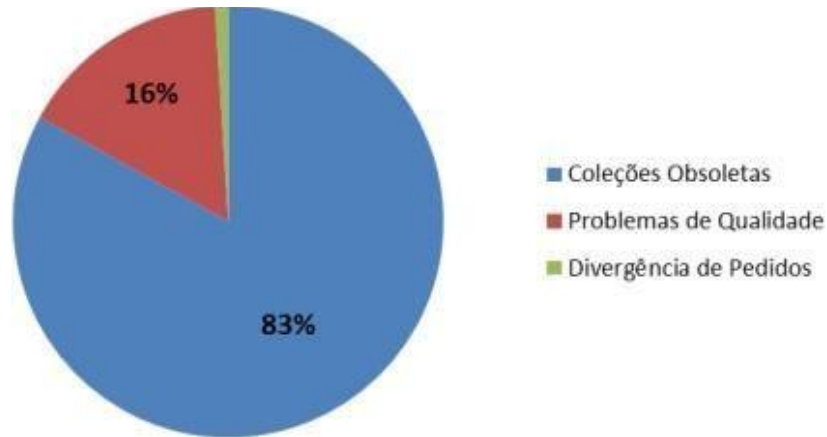
Fonte: Quadro do autor

3.10. Melhorias na Logística Reversa de bens de consumo para o varejo

O presente caso a ser estudado está focado na aplicação de conceitos *Lean Manufacturing* na logística reversa de uma marca de artigos esportivos mundialmente conhecida, voltada para calçados e vestuário. O objetivo da pesquisa em questão é reduzir os estoques de produtos em trânsito/aguardando reutilização.

O retorno dos materiais é de fundamental importância, pois recolhe dos pontos de venda produtos de coleções antigas, com problemas de qualidade ou com divergência de pedidos. O gráfico abaixo foi gerado com os dados fornecidos pela empresa e demonstra os três principais motivos de retorno de produtos.

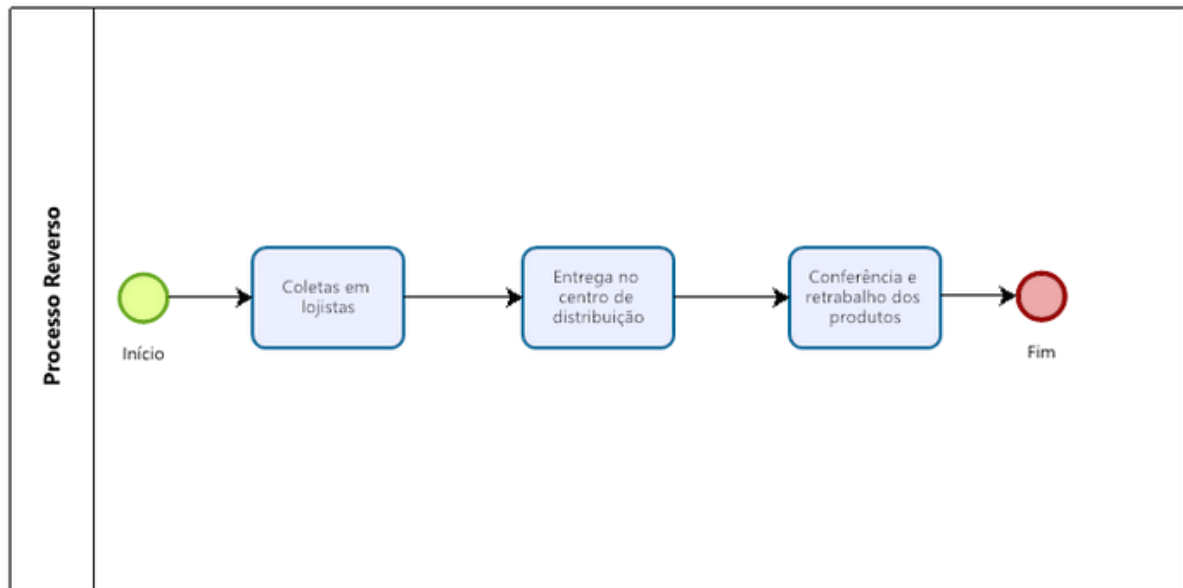
Figura 29 - Principais motivos de retorno dos produtos



Fonte: GOBBI (2018, p.2)

Após sair dos mercados, os produtos são destruídos ou recolocados no estoque. A figura 30 abaixo retrata o fluxo reverso dessas mercadorias.

Figura 30 - Fluxo reverso. Adaptado



Fonte: GOBBI (2018, p.35)

Com intuito de obter dados mais precisos, foi feito um protocolo com o objetivo de definir as regras a serem adotadas e a utilização das ferramentas. O quadro abaixo retrata as principais informações para o estudo do caso.

Quadro 15 - Protocolo do Estudo de caso

Visão geral do projeto do estudo de caso e seus objetivos	Projeto consiste em um estudo do fluxo de logística reversa.
	Ele possui como objetivos:
	- Definição e estudo do fluxo de logística reversa;
	- Levantamento de problemas e pontos de oportunidades;
Procedimentos de coleta de dados	- Desenvolvimento de ações de melhoria de utilização metodologia lean;
	- Levantamento e apresentação dos resultados.
	- Observação dos processos in loco;
	- Definição/descrição do fluxo;
Questões do estudo de caso	- Levantamento de dados via observação ou relatórios/base de dados sistêmica;
	- Utilização de ferramenta de diagnóstico;
	- Quais os principais problemas a serem estudados?
	- Existem relações de causa e efeito no processo estudado?
Fontes de dados/informações	- Onde estão os principais pontos de melhorias?
	- Quais ações a serem executadas visando a resolução dos problemas?
	- Dados empíricos e referências históricas a observação de processos;
	- Registros sistêmicos.

Fonte: Quadro do autor

A partir desse protocolo, foi possível desdobrar as atividades em um fluxo de ações práticas. A imagem a seguir mostra o fluxo de execução do trabalho.

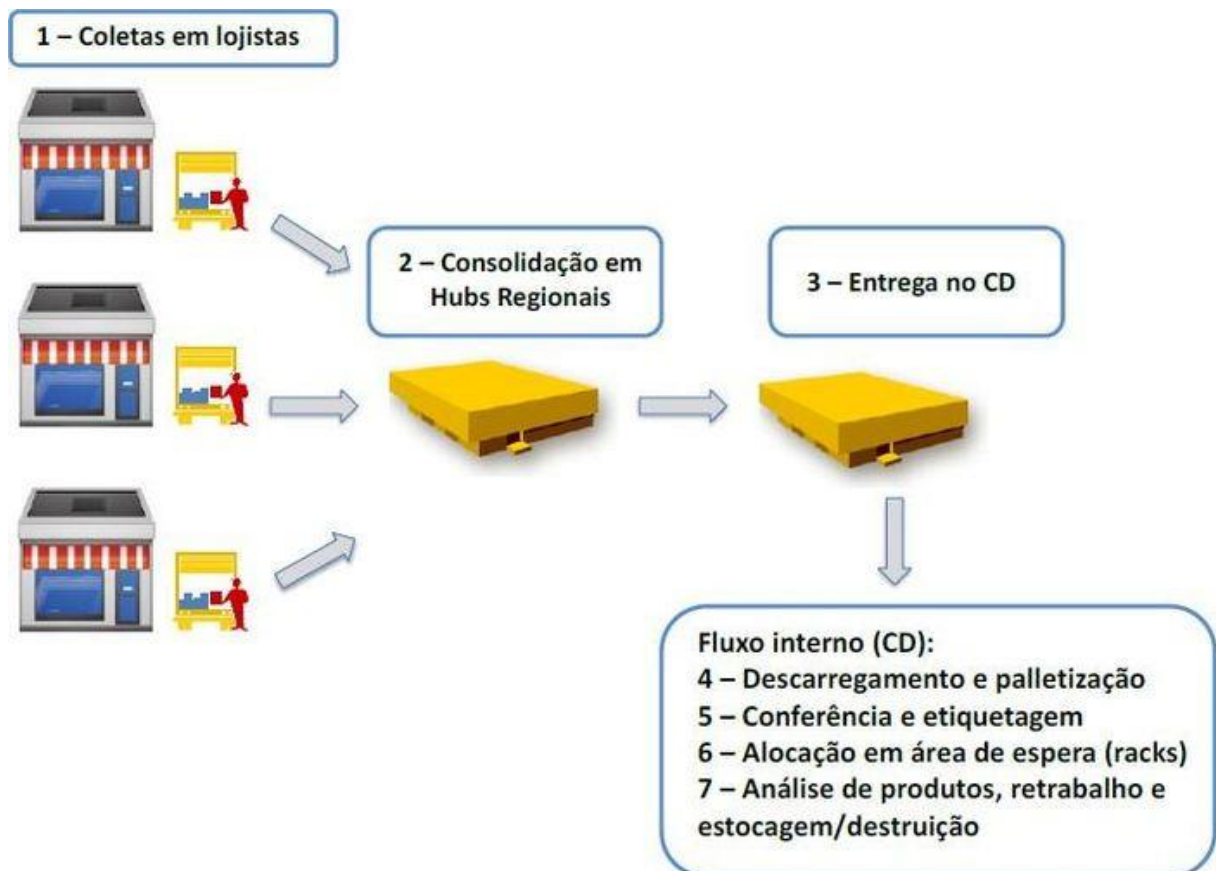
Figura 31- Execução de trabalho



Fonte: GOBBI (2018, p.12)

Na primeira etapa é realizado um macrofluxo e o VSM, sendo possível definir a sequência de processos, a visualização do tempo de fluxo do processo e a cadeia de valor, aflorando problemas, gargalos e possíveis erros no fluxo. A figura 36 abaixo retrata o macrofluxo da logística reversa da empresa em estudo.

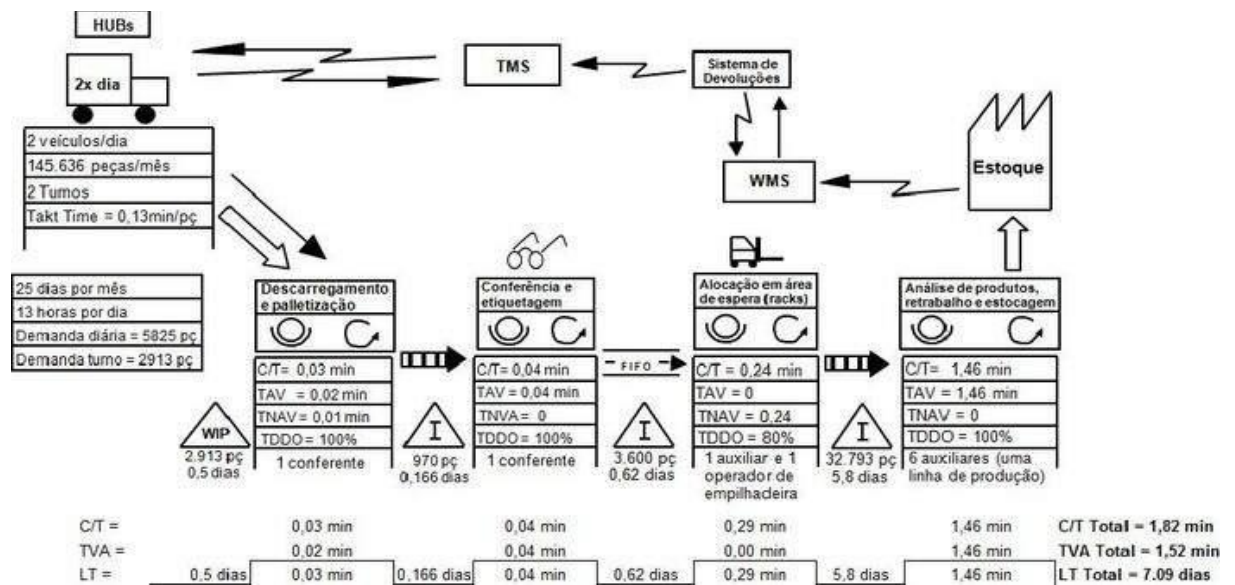
Figura 32 - Macro fluxo



Fonte: GOBBI (2018, p.14)

A empresa não possuía nenhuma análise prévia em relação aos tempos de cada processo contido no fluxo e estava ciente dos gargalos presentes, mas não conseguia evidenciá-los. A figura 33 abaixo traz o VSM da situação inicial.

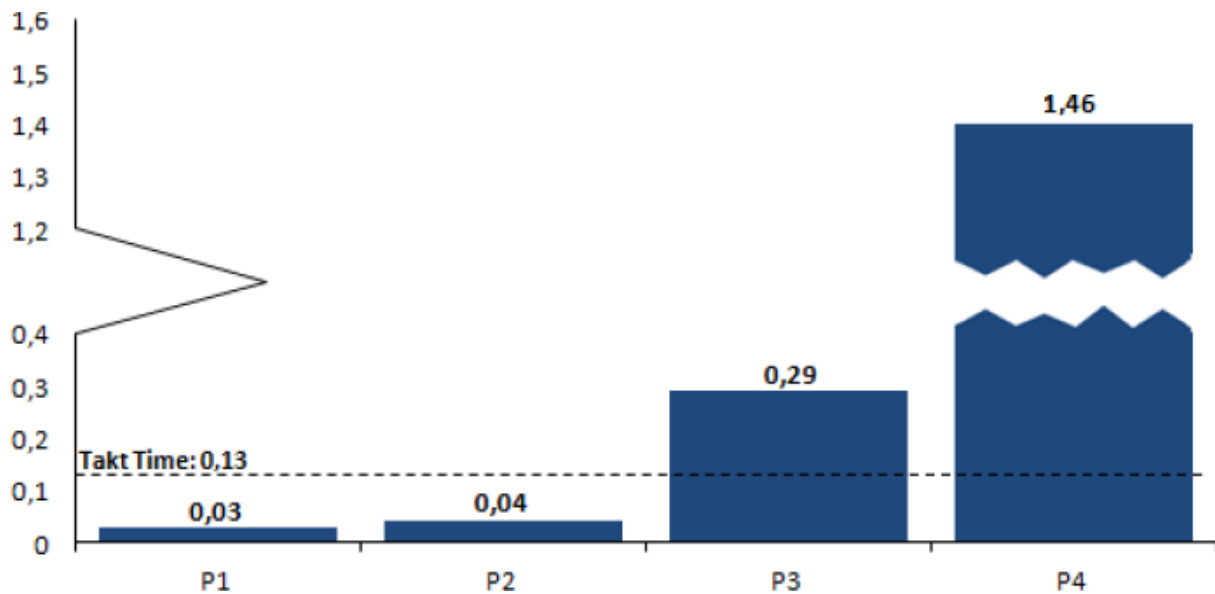
Figura 33 - Mapeamento do fluxo de valor



Fonte: GOBBI (2018, p.17)

Através da realização de Mapeamento do Fluxo de Valor, foi possível identificar alguns gargalos em relação ao tempo de processamento. O gráfico da pesquisa retrata os tempos de ciclo de cada processo e faz uma comparação com o *takt time* (tempo ideal do material ao decorrer do fluxo). Para isso, cada processo foi identificado como P.

Figura 35 - Tempos de ciclo



Fonte: GOBBI (2018, p.17)

Através do gráfico foi possível encontrar os seguintes problemas:

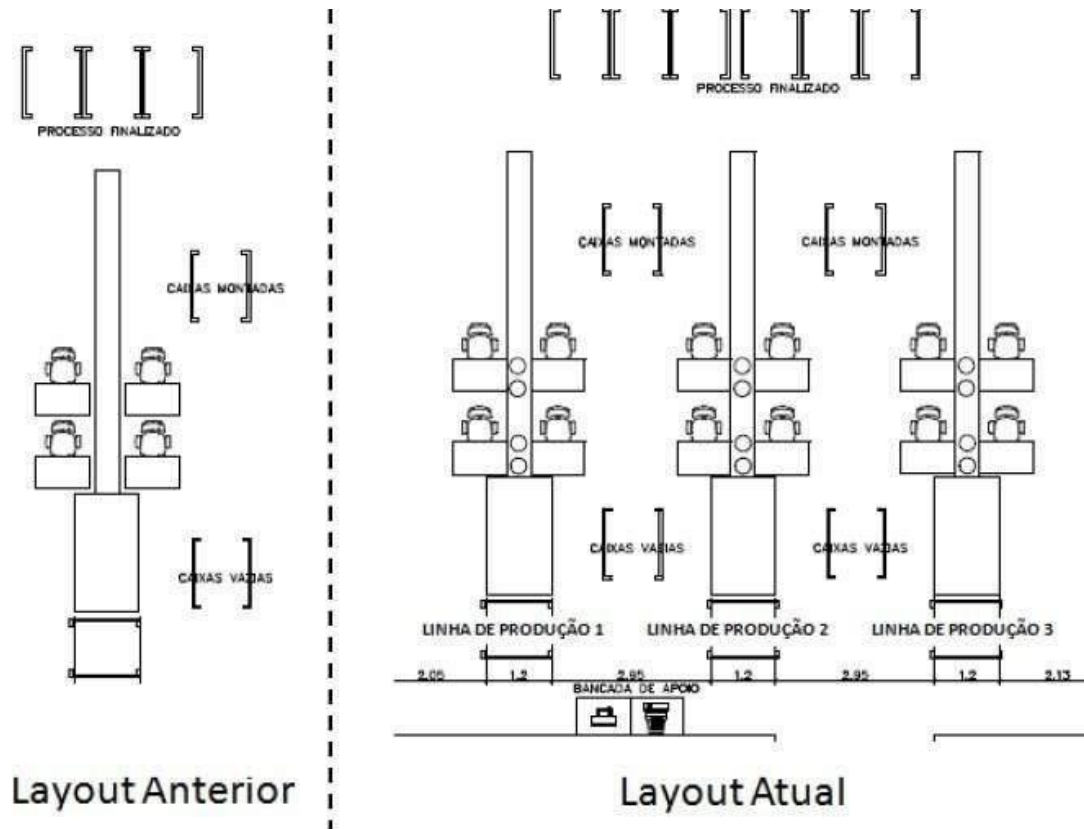
- Retrabalho e estocagem/destruição: o processo possuía um tempo de ciclo de 1,46 minutos por peça, que era muito superior ao *takt time*;
- Alocação em área de espera: expressivo volume de material represado entre processos;

Para uma análise precisa, a empresa utilizou dois importantes KPIs. O primeiro é o de inventário em trânsito até a chegada do centro de distribuição, ele expressa a capacidade do CD referente à absorção do volume em trânsito. Já o segundo, diz respeito ao *aging* médio de cada nota fiscal, desde a entrega no centro de distribuição até o final do fluxo. Após ter colhido inúmeras informações e dados, com a elaboração do VSM, foram realizados eventos de Kaizen, que definiram duas ações de melhorias dos altos ganhos e baixo período de implementação. As ações realizadas foram:

1. Balanceamento do volume recebido diariamente no centro de distribuição;
2. Aumento de capacidade do processo com o maior tempo de ciclo;

A figura abaixo retrata a mudança de layout, no que tange a melhoria 2, citada acima.

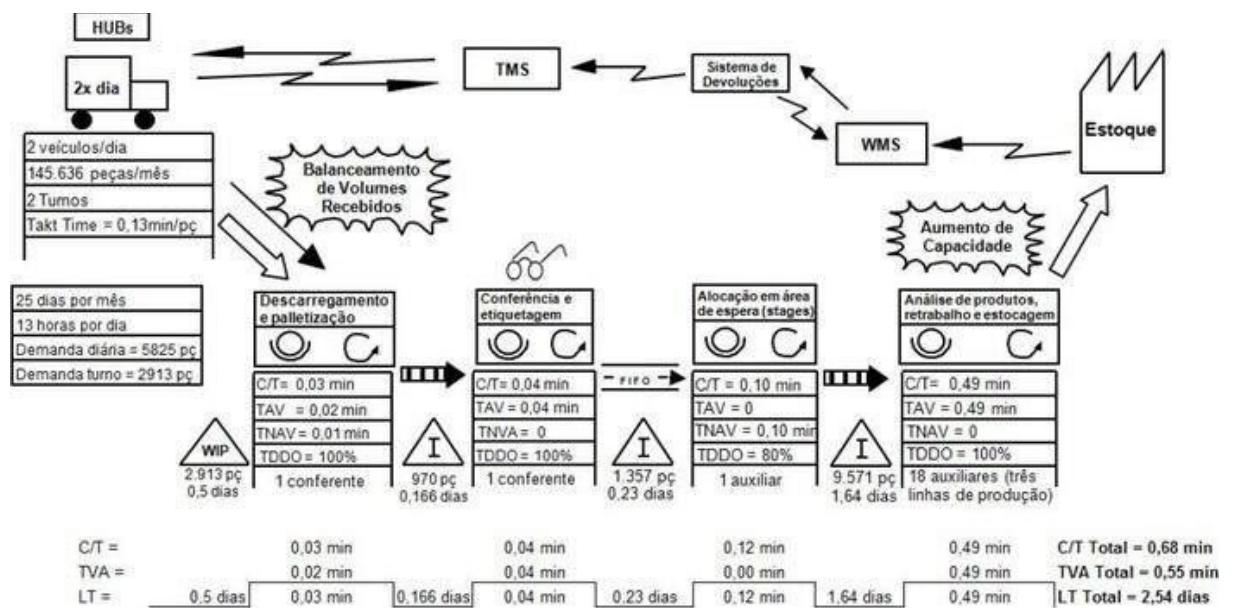
Figura 37 - Layout



Fonte: GOBBI (2018, p.20)

Implementada a mudança no chão de fábrica da empresa, foi necessário produzir um novo VSM para quantificar os impactos das mudanças no tempo de ciclo e a quantidade de inventário. A figura 36 abaixo demonstra o VSM depois das mudanças.

Figura 39 -Mapeamento do fluxo de valor do estado futuro



Fonte: GOBBI (2018, p.21)

Através da análise posterior, por meio do VSM, houve uma diminuição nos tempos de ciclos dos dois processos citados acima, que apresentavam duração superior ao *takt time*. O processo de alocação em área de espera teve o seu tempo de ciclo reduzido, isso devido à diminuição do montante de material aguardando análise de produto. Deste modo, os objetivos do caso foram alcançados, apresentando significativo aumento no volume de vendas, melhora na saúde do fluxo de caixa e redução no *lead time*, entregando aos lojistas o crédito referente às suas devoluções.

Quadro 16 - Análise final caso 10

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Metodologia de pesquisa quanto aos procedimentos	Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Melhorias na logística reversa de bens de consumo para o varejo	Não	Sim	Estudo de caso	Fluxograma	Diminuição nos tempos de ciclos que apresentavam tempos acima do takt time e o processo de alocação em área de espera teve o tempo de ciclo reduzido

Fonte: Quadro do autor

3.11. Síntese das análises realizadas

Os casos estudados neste capítulo mostraram que tanto o BPM quanto o VSM são ferramentas que possibilitam identificar falhas nos processos e eliminar desperdícios, estabelecendo um planejamento estratégico, conforme os gargalos que a empresa apresenta. Diante disso, estratégias foram tomadas em cada caso analisado e os resultados foram obtidos, de acordo com as necessidades de cada setor produtivo. Alguns resultados dizem respeito a diminuição do número de colaboradores, já outros mostram os resultados na diminuição do tempo de ciclo das máquinas. O quadro abaixo retrata uma síntese desse estudo de caso.

Quadro 17 - Síntese das análises realizadas

Caso	Utilizou bpm?	Utilizou vsm?	Resultado
Remanufatura de compressores de ar.	Não	Sim	O cenário mais econômico foi o plano de troca e com restituição de peças de ferro fundido e aço.
Avaliação do ciclo de vida de um painel solar fotovoltaico de silício cristal.	Sim	Não	Comprovou que uma ferramenta ACV consegue impactos mensurados por fases e auxilia no direcionamento das implementações de ações da economia circular.
Aplicações de modelo para gestão de materiais e	Sim	Não	Redução nos custos e melhor constância nos valores com os custos

estoque em uma empresa de remanufatura.			compra na compra de materiais.
Cadeia de remanufatura reversa de equipamentos eletrônicos.	Sim	Não	Alto potencial de mercado relacionado uma logística reversa de REEEs e EEES em fim de vida e aumento da concorrência com empresas e cooperativas.
O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes.	Sim	Não	Modelo de negócios é viável para empresas com ganhos e atendimento financeiro como necessidade da sociedade.
Estudo de caso em uma indústria de remanufatura de peças automotivas.	Não	Sim	Identificação e mapeamento de forma clara dos desperdícios por atividades não padronizadas.
Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (VSM) para medição da sustentabilidade.	Não	Sim	Quantificar o consumo de energia elétrica e gás nas diversas operações realizado.
Otimização das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes.	Não	Sim	Diminuição do número de colaboradores de 24 parágrafo 16 e redução de custo de produção de 25%.
Caracterização e parâmetros para organização da cadeia reversa de pneus usados.	Sim	Não	Revisão das habilidades para fazer IBAMA, ter da priorização das técnicas de destino final, legitimação de um acordo setorial para o segmento de pneus usados, construção do diagrama representante fazer “ciclo de vida dos aviões.
Melhorias na logística reversa de bens de consumo para o varejo.	Não	Sim	Diminuição nos tempos de ciclos que apresentou tempos acima do takt time e o processo de alocação em área de espera teve o tempo de ciclo reduzido.

Fonte: Quadro do autor

4. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar os benefícios do BPM e VSM em processos de remanufatura. Para isso, foram analisados dez casos em que as ferramentas de modelagem foram aplicadas. Conjuntamente, foi realizada uma revisão bibliográfica das ferramentas de circularidade, com a intenção de compreender os processos envolvidos na recuperação de produtos e entender o fluxo reverso, para efetuar uma análise crítica mais assertiva dos casos estudados.

A implementação do processo logístico reverso, iniciado no consumidor final e finalizado no posto de produção, foi observado em todos os casos. A recuperação de produtos é uma forte aliada para as empresas, do ponto de vista ambiental e socioeconômico. Ademais, o retorno do produto à sua cadeia de produção é um grande benefício para a gestão de processos por meio da modelagem, pois é altamente lucrativo.

Em vista disso, a modelagem de processos envolveu uma série de ações que corroboraram a sua aplicação nos casos avaliados. Cada caso apresenta um produto em específico com objetivos e finalidades distintas. O caso 1 apresentou os danos ambientais e econômicos causados na remanufatura de compressores de ar, por meio da ACV e AECV. Percebeu-se que dentre todas as situações avaliadas, a mais econômica foi o plano de troca e com restituição das peças de ferro fundido e aço. Para isso, Santana (2018) aplicou um mapeamento do fluxo de valor englobando as principais etapas do VSM, incorporando em suas análises o principal objetivo da aplicação do mapeamento do fluxo de valor.

No que tange o estudo na avaliação do ciclo de vida do painel solar fotovoltaico, de silício cristalino, observou-se a implementação do BPM por meio da aplicação de três ferramentas de circularidade: *O Circular Economy Toolkit* (CET), *Circular Economy Indicator Prototype* (CEIP) e *Material Circularity Indicator* (MCI). Essas três ferramentas serviram de base para mensurar a circularidade do painel e avaliar o seu impacto ambiental. Com a modelagem de processos, Oliveira (2019) conseguiu cumprir com os objetivos específicos e tiveram uma visão mais ampla sobre o seu produto no que diz respeito a sua circularidade, contribuindo para uma gestão de qualidade.

O caso 3, assim como o 2, utilizou a modelagem de processos fundamentada nos princípios do Gerenciamento de Processos de Negócio. A autora Ortiz (2015) focou na redução de custo e aumento da lucratividade no setor de remanufatura, conseguindo cumprir com os

seus objetivos atrelados ao setor de remanufatura e melhorar a constância nos valores com os gastos mensais na compra de materiais. Tudo isso, através do ciclo de vida BPM.

Os casos 4 e 5 também fizeram o uso da modelagem de processos através do BPM. O primeiro estudou o alto potencial de mercado, relacionado a logística reversa de REEEs e EEES no fim de vida. Já o segundo, concluiu que o modelo de negócios proposto é viável para empresas privadas. No que tange os cinco últimos casos apresentados, todos fizeram o uso do Mapeamento do Fluxo de Valor, com exceção do caso da cadeia reversa de pneus usados. Estes casos têm em comum o fato de serem processos que envolvem estoque, fornecimento e armazenamento. Nesse sentido, o uso desse método se tornou primordial, pois através dele foi possível:

- Diminuir os tempos de ciclos e o processo de alocação em área de espera;
- Diminuir o número de colaboradores de 24 para 16 e redução de custos de produção de 25%;
- Quantificar o consumo de energia elétrica e gás em diversas operações;
- Identificar e mapear os desperdícios causados por atividades não padronizadas;
- Reduzir custos e melhorar a constância nos valores gastos.

Em suma, a modelagem de processos se mostrou presente em todos os casos analisados, com resultados que reformularam os processos e colaboradores no setor produtivo. Portanto, as ferramentas de modelagem VSM e BPM podem contribuir para projetos em que estejam envolvidas as ações de remanufatura.

4.1. Trabalhos futuros

Diante da infinidade de casos analisados em diferentes setores produtivos, é recomendada a incorporação de questionários para os trabalhos futuros. O intuito é obter respostas dos próprios autores para que estes corroborem com a aplicabilidade das ferramentas de modelagem, averiguando se o uso desses métodos gerou bons resultados a longo prazo. Para isto, o questionário seria composto por perguntas mais específicas e de múltipla escolha.

Ademais, sugere-se que para cada caso estudado — na hipótese de não ter realizado um mapeamento mais robusto — elaborar o mapa do estado atual, demonstrando as perdas presentes dos processos.

REFERÊNCIAS

- AALST, W. M. Van der. A decade of business process management conferences: personal reflections on a developing discipline. In: SPRINGER. *International Conference on Business Process Management*. [S.l.], 2020. p. 1–16. Citado na página 33.
- ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, Elsevier, v. 107, n. 1, p. 223–236, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 29.
- ADLMAIER, D.; SELMITTO, M. A. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. *Production*, SciELO Brasil, v. 17, p. 395–406, 2017. Citado na página 23.
- ALMEIDA, M. Plataforma logística: caracterização e parâmetros para organização da cadeia reversa de pneus usados. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 68.
- ANDREADIS, E.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. Towards a conceptual framework for value stream mapping (vsm) implementation: an investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 55, n. 23, p.7073–7095, 2017. Citado na página 29.
- ARAÚJO, M. G. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in brazil. *Waste Management*, Elsevier, v. 32, n. 2, p. 335–342, 2017. Citado na página 16.
- BALLOU, R. __. gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento. *Revista Preços Agrícolas*. v, v. 10, n. 119, p. 2–7, 2016. Citado na página 18.
- BOURKE. Unified product lifecycle management. *Production*, A QUAD White-paper, v. 1, 2015. Citado na página 24.
- BRADLEY, R. A framework for material selection in multi-generational components: sustainable value creation for a circular economy. *Procedia Cirp*, Elsevier, v. 48, p. 370–375, 2016. Citado na página 27.
- BRASIL. *LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*; 2021. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Citado na página 16.

BRITO, J. L. R. D. Desafios e oportunidades na reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos pela recicladora urbana de jacareí-sp: um estudo de caso. *19th Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, Brazil*, p. 4–5, 2017. Citado na página 47.

BRITO, M. P. D.; DEKKER, R. A framework for reverse logistics. In: *Reverse logistics*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 3–27. Citado na página 21.

BRITO, R. P. d.; BERARDI, P. C. Vantagem competitiva na gestão sustentável da cadeia de suprimentos: um metaestudo. *Revista de administração de empresas, SciELO Brasil*, v. 50, p. 155–169, 2018. Citado na página 18.

BROWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística empresarial. *São Paulo: Atlas*, 2016. Citado na página 20.

CAMPOS, V. F. *TQC-Control de Qualidade Total no estilo japonês*. [S.l.]: Falconi Editora, 2014. Citado na página 19.

CARVALHO, G. B. de; CARVALHO, L. A. de. Análise do fluxo de valor de uma fábrica de aviamentos por meio da ferramenta mfv. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 31.

CHOUINARD, M. Conceptual framework for the design and management of value loops—application to a wheelchair allocation context. *Production Planning & Control*, Taylor & Francis, v. 20, n. 8, p. 703–723, 2019. Citado na página 26.

CLOTTEY TOYIN E BENTON JR, W. e. S. R. Previsão de devoluções de produtos para operações de remanufatura. *Ciências da Decisão*, v. 43, n. 4, p. 589–614, 2019. Citado na página 14.

COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply chain management: more than a new name for logistics. *The international journal of logistics management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 8, n. 1, p. 1–14, 2017. Citado na página 18.

COSTA, L. *Formulação de uma metodologia de modelagem de processos de negócio para implementação de workflow*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. Citado na página 34.

DEIF, A. M.; ELMARAGHY, H. Cost performance dynamics in lean production leveling. *Journal of Manufacturing Systems*, Elsevier, v. 33, n. 4, p. 613–623, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 29.

DIAS, M. A. P. Administração de materiais. *São Paulo: Atlas*, 2019. Citado na página 16.

FOUNDATION, E. M.; MCKINSEY. *Diagrama de Borboleta: No Caminho da Circularidade*. 2021. Disponível em: <<https://www.beecircular.org/post/borboleta>>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 28.

GAO, C. Education for regional sustainable development: experiences from the education framework of hhcepz project. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 14, n. 9-11, p. 994–1002, 2017. Citado na página 28.

GARZA-REYES, J. A. A pdca-based approach to environmental value stream mapping (e-vsm). *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 180, p. 335–348, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 13, 29 e 30.

GAZIERO, C.; CECCONELLO, I. Simulação computacional do fluxo de valor: uma proposta de integração da indústria 4.0 e lean production. *Scientia Cum Industria*, v. 7, n. 2, p. 52–67, 2019. Citado na página 13.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, Elsevier, v. 114, p. 11–32, 2017. Citado na página 27.

GOBBI, C. C. de. Melhorias na logística reversa de bens de consumo para varejo utilizando os conceitos de lean logistics. 2018. Citado 8 vezes nas páginas 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74 e 75.

HERRMANN, C. Total life cycle management-an integrated approach towards sustainability. In: *3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich*. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 24.

HILSDORF, W. de C. Aplicação de ferramentas do lean manufacturing: estudo de caso em uma indústria de remanufatura. *Revista Produção Online*, v. 19, n. 2, p. 640–667, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 9, 54 e 55.

IJOMAH, W. A model-based definition of the generic remanufacturing business process. University of Plymouth, 2016. Citado na página 26.

IJOMAH, W. L. A robust description and tool for remanufacturing: a resource and energy recovery strategy. In: IEEE. *2005 4th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. [S.l.], 2017. p. 472–479. Citado na página 26.

JUNIOR, A. N. Simulação de eventos discretos para análise da disponibilidade fabril em uma linha de envase de bebidas. *Rev. Ciência Tecnol*, v. 19, n. 37, p. 19–29, 2016. Citado na página 30.

LACERDA, L. Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. *Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ*, v. 6, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 23.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The international journal of logistics management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 9, n. 2, p. 1–20, 2015. Citado na página 19.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; VANTINE, J. G. Compras. . *Administração estratégica da logística*. São Paulo: Vantine Consultoria, 2015. Citado na página 20.

LEITE, P. R. Logística reversa. *Pearson*. São Paulo, 2016. Citado na página 21.

LIMA, D. F. S. D. Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016. Citado na página 13.

MACARTHUR, E. Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, v. 2, p. 23–44, 2017. Citado na página 27.

MAIA, L. C.; ALVES, A. C.; LEÃO, C. P. Metodologias para implementar lean production: Uma revisão crítica de literatura. Edições INEGI, 2017. Citado na página 29.

MARCELINO, H. *Mapeamento do Fluxo de valor de Processos Produtivos com Auxílio Sistema APS*. 2021. Disponível em: <<https://www.aps3.com.br/mapeamento-do-fluxo-de-valor-de-processos-produtivos-com-auxilio-sistema-aps/>>. Citado 3 vezes nas páginas 9, 32 e 33.

NEGÓCIO, G. d. P. de. Bpm cbok. 2013. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35. OIKO, O. T. Modelo dos processos de negócio para gerenciar a remanufatura. *Universidade de São Paulo*, 2019. Citado na página 24.

OLIVEIRA, D. R. d. Proposição de abordagem para avaliação de circularidade através de ferramentas de economia circular e da metodologia de acv: estudo aplicado em um painel solar fotovoltaico de silício cristalino. 2019. Citado 3 vezes nas páginas 39, 40 e 41.

OLIVEIRA, L. A. d. *EBPM: uma metodologia para gestão de processos de negócio*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 9, 34 e 35.

OLIVEIRA, R. B. M. de; CORRÊA, V. A.; NUNES, L. E. N. do P. Mapeamento do fluxo de valor em um modelo de simulação computacional. *Revista Produção Online*, v. 14, n. 3, p. 837–861, 2019. Citado na página 29.

ORTIZ, E. C. M. Aplicações em modelos para gestão de materiais e estoque em uma empresa de remanufatura. Universidade Federal de São Carlos, 2015. Citado 5 vezes nas páginas 9, 43, 44, 45 e 46.

ÖSTLIN, J.; SUNDIN, E.; BJÖRKMAN, M. Importance of closed-loop supply chain relationships for product remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, v. 115, n. 2, p. 336–348, 2018. Citado na página 26.

POJASEK, R. B. Mapping information flow through the production process. *Environmental Quality Management*, Wiley Online Library, v. 13, n. 3, p. 89–97, 2017. Citado na página 32.

QUEIROZ, J. A. de; RENTES, A. F.; ARAUJO, C. A. C. de. Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real. *XXIV Encontro Nac. Eng. Produção*, 2016. Citado na página 31.

RAHIMIFARD, A.; NEWMAN, S.; RAHIMIFARD, S. A methodology to support the implementation of product recovery. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Design and Manufacture for Sustainable Development, Liverpool*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 145–152. Citado na página 25.

ROESER, T.; KERN, E.-M. Surveys in business process management—a literature review. *Business Process Management Journal*, Emerald Group Publishing Limited, 2015. Citado na página 33.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices. *Journal of business logistics*, Wiley Online Library, v. 22, n. 2, p. 129–148, 2016. Citado na página 23.

ROTHER, M.; HARRIS, R. *Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção*. [S.l.]: Lean Institute Brasil São Paulo, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 32.

SANTANA, A.; ALVES, C.; MOURA, H. de. Governança de bpm em processos interorganizacionais do setor público. *VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, n. 2007, p. 445–452, 2016. Citado na página 34.

SANTANA, V. M. Análise ambiental e econômica de cenários de logística reversa de compressores de ar por meio da avaliação de ciclo de vida. 2018. Citado 3 vezes nas páginas 9, 37 e 38.

SANTOS, R. dos. *Alean seis sigma para otimização das atividades de logística reversa em uma indústria de refrigerantes*. Universidade de Taubaté, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 9, 65 e 66.

SANTOS, W. S. d. Aplicação do mapeamento de fluxo de valor (vsm) para medição da sustentabilidade: um estudo de caso. Universidade Nove de Julho, 2017. Citado 6 vezes nas páginas 9, 30, 57, 59, 60 e 61.

SARAIVA, W. J. S. O modelo de negócio voltado à remanufatura de lâmpadas fluorescentes, gerenciamento dos resíduos e sua reinserção, em cumprimento à legislação ambiental brasileira. Universidade Federal do Amazonas, 2015. Citado vezes nas páginas 9, 49, 50, 51 e 52.

SIMATUPANG, T. M.; SRIDHARAN, R. The collaborative supply chain. *The international journal of logistics management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 13, n. 1, p. 15–30, 2015. Citado na página 20.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International journal of management reviews*, Wiley Online Library, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2017. Citado na página 21.

STINDT, D.; SAHAMIE, R. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Springer, v. 26, n. 1, p. 268–293, 2016. Citado na página 14.

THIERRY, M. Strategic issues in product recovery management. *California management review*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 37, n. 2, p. 114–136, 2015. Citado 4 vezes nas páginas 9, 24, 25 e 26.

VERDÉLIO, A. *Ascensão à classe média deve ser associada ao consumo consciente, defende Pnuma*. 2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/>>. Citado na página 27.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. *International journal of operations & production management*, MCB UP Ltd, 2017. Citado na página 16.

WANKE, P. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. *Gestão & Produção*, SciELO Brasil, v. 19, n. 4, p. 677–687, 2015. Citado na página 14.

XANTHOPOULOS, A.; IAKOVOU, E. On the optimal design of the disassembly and recovery processes. *Waste management*, Elsevier, v. 29, n. 5, p. 1702–1711, 2019. Citado na página 21.

YIN, R. K. *Estudo de Caso-: Planejamento e métodos*. [S.l.]: Bookman editora, 2015. Citado na página 17.