

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

KARINE CABRERA SANTANA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO LEAN MANUFACTURING EM UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

PONTA GROSSA

2022

KARINE CABRERA SANTANA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO LEAN MANUFACTURING EM UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**Evaluation of the environmental impact of Lean Manufacturing in a food
industry**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia

PONTA GROSSA

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

KARINE CABRERA SANTANA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO LEAN MANUFACTURING EM UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 27/junho/2022

Juan Carlos Claros Garcia
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Yslene Rocha Kachba
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Everton Luiz de Melo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a todas as mulheres que vieram antes de mim e lutaram pela inserção de mulheres na Engenharia. Sem elas eu não teria a possibilidade de realizar o meu sonho de ser engenheira mecânica.

Agradeço a minha família por todo o suporte, aconselhamento e incentivo durante os meus estudos, em especial a minha mãe.

Aos meus amigos que foram fundamentais para a minha trajetória de formação pessoal, proporcionando momentos de alegria, apoio emocional e encorajamento.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia, por ter me guiado neste processo de pesquisa e de escrita acadêmica.

A empresa parceira neste estudo, que disponibilizou seus dados para análise e aos profissionais que forneceram todas as informações necessárias para a compreensão do caso analisado.

Aos docentes do curso de Engenharia Mecânica por todo o conhecimento compartilhado.

RESUMO

Atualmente, o Lean Manufacturing é um sistema de produção muito utilizado nas empresas. Visando analisar o impacto da adoção de ferramentas Lean nos indicadores ambientais de uma indústria de alimentos, analisou-se a evolução dos valores de indicadores de resíduos de uma empresa deste ramo. Para uma completa análise, foi investigado como era a produção antes das práticas Lean serem adotadas, quais ferramentas Lean foram utilizadas pela empresa e como foi esse processo de implementação. Também se avaliou os indicadores de resíduos utilizados pela empresa, os quais foram utilizados para a análise comparativa ao longo do período de implementação até o atual. No período de 2013 até 2017, que compreende à inserção das ferramentas Lean, houve uma redução de 37% do volume de resíduos totais gerados na planta e de 8% do indicador de geração de resíduos em relação ao volume de produção da planta. Entretanto, a partir de 2018, ano em que se terminou a implementação do Lean e que uma nova fábrica foi adicionada à planta, houve aumento dos indicadores de modo que entre 2013 a 2021, final do período analisado, houve um aumento de 39% no volume de geração de resíduos e de 67% da geração de resíduos em relação à produção. Assim, concluiu-se que houve melhoria dos indicadores utilizando práticas Lean até certo ponto, mas que outro fator se mostrou mais significativo a partir de 2018 ocasionando em aumento de geração de resíduos.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Meio Ambiente. Indicadores Ambientais.

ABSTRACT

Currently, Lean Manufacturing is a production system widely used in companies. In order to analyze the impact of the adoption of Lean tools on the environmental indicators of a food industry, the evolution of the values of waste indicators of a company in this branch was analyzed. For a complete analysis, it was investigated how production was before Lean practices were adopted, which Lean tools were used by the company and how this implementation process was. The waste indicators used by the company were also evaluated, which were used for the comparative analysis throughout the implementation period until the current one. In the period from 2013 to 2017, which includes the insertion of Lean tools, there was a 37% reduction in the volume of total waste generated at the plant and an 8% reduction in the waste generation indicator in relation to the plant's production volume. However, from 2018, the year in which the implementation of Lean was completed and a new factory was added to the plant, there was an increase in indicators so that between 2013 and 2021, the end of the analyzed period, there was a 39% increase in the volume of waste generation and 67% of waste generation in relation to production. Thus, it was concluded that there was an improvement in the indicators using Lean practices to a certain extent, but that another factor proved to be more significant from 2018 onwards, causing an increase in waste generation

Keywords: Lean Manufacturing. Environment. Environmental Indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de mapa de fluxo de valor	19
Figura 2 - Relação dos desperdícios do <i>Lean</i> com a Produção mais Limpa	29
Figura 3 - Procedimentos de coleta e análise de dados	31
Figura 4 - Linha do tempo da implementação do <i>Lean Manufacturing</i> na empresa estudada	35
Figura 5 - Práticas de <i>Lean</i> e medidas de meio ambiente	37
Gráfico 1 - Geração de resíduos em relação ao ano anterior.....	39
Gráfico 2 - Geração anual de resíduos em relação à produção	40
Gráfico 3 - Geração de resíduos por produção em relação ao ano anterior.....	41
Quadro 1 - Comparação dos indicadores em relação a 2013.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
VSM	<i>Value Stream Map</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo geral.....	12
1.2	Objetivos específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	13
2.1.1	Just-in-time	15
2.1.2	Autonomia (jidoka).....	17
2.1.3	Mapeamento de fluxo de valor.	18
2.1.4	Metodologia 5S.....	20
2.1.5	Total Productive Maintenance	21
2.2	Impacto Ambiental	22
2.2.1	Produção mais Limpa (PmaisL).....	23
2.2.2	Indicadores de desempenho ambiental.....	25
<u>2.2.2.1</u>	<u>Indicadores de ecoeficiência</u>	<u>26</u>
<u>2.2.2.2</u>	<u>Indicadores da ISO 14.031: 2004</u>	<u>27</u>
2.3	Lean e Green.....	28
3	METODOLOGIA	31
3.1	Classificação da pesquisa.....	31
3.2	Ambiente da pesquisa	31
3.3	Análise e coleta de dados.....	31
3.3.1	Análise da produção anterior.....	32
3.3.2	Identificação das ferramentas Lean.....	32
3.3.3	Avaliar indicadores ambientais	32
3.3.4	Medir desempenho ambiental	33
3.3.5	Análise comparativa	33
4	RESULTADOS.....	35
4.1	Produção anterior e implementação do <i>Lean</i>	35
4.2	Política de meio ambiente	37
4.3	Análise de resultados	38
4.3.1	Análise comparativa	38
4.3.2	Geração de resíduos por produção	39
4.3.3	Considerações e discussão.....	41
5	CONCLUSÃO	44

REFERÊNCIAS.....	45
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O *Lean Manufacturing* é um sistema de produção que tem como base, resumidamente, a redução extrema de desperdícios na empresa. Segundo essa filosofia, ao fazer isto, a empresa aumenta o seu lucro e a sua eficiência, pois foca nas partes do processo que realmente agregam valor ao produto. Essa redução de desperdícios se dá de várias formas como pela redução do tempo de ciclo do produto, manutenção autônoma, busca pelo aumento da qualidade e diminuição de peças defeituosas, entre outros.

Quando analisamos mais atentamente, vemos que essa preocupação com a redução de desperdícios é similar ao pensamento ecológico de evitar a produção desnecessária de resíduos, por exemplo. Pesquisadores têm analisado outras similaridades entre os dois pensamentos e têm-se discutido sobre a possibilidade de uma positiva influência da implementação do *Lean* no impacto ambiental gerado pelas atividades da companhia.

Isso é bastante relevante pois, seja por uma legislação ambiental, por pressão dos stakeholders, por valores éticos da empresa ou ainda para melhorar a sua competitividade no setor em que atua, a parte ambiental se torna cada vez mais urgente para as empresas atualmente. De acordo com Dües, Tan e Lim (2012, p.98, tradução livre), “práticas ambientais já não são opcionais para empresas e não podem ser ignoradas.”

Apesar de haver essa discussão sobre a relação entre *Lean* e *Green*, ainda há pouca análise que demonstre se realmente há uma relação mais direta entre ambos, se a existência *Lean* influencia ou não nos aspectos ambientais. Sendo assim, o que se pretende avaliar neste estudo é se a implementação de uma ferramenta *Lean* realmente impacta em um indicador ambiental na produção de uma empresa do ramo alimentício.

Dentro deste contexto, o que este trabalho investigará: qual é o impacto da implementação de uma ferramenta *Lean Manufacturing* em uma empresa na alteração dos seus indicadores ambientais?

Quando o assunto é impacto ambiental, há várias situações que podem ser consideradas, como emissão de poluentes para a atmosfera, análise do consumo de energia elétrica, índices de contaminação de água, entre tantos outros. Neste trabalho, o enfoque maior será dado aos resíduos sólidos.

Vale ressaltar que só foi possível analisar dois dos principais indicadores de meio ambiente, trazendo uma característica mais global da geração de resíduos na planta. Isso aconteceu para não comprometer a empresa revelando informações consideradas sigilosas. Sendo assim, não foram analisadas linhas específicas ou determinados produtos, mas sim a geração de resíduos de todo o conjunto da planta.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é verificar se há relação entre a adoção do sistema *Lean Manufacturing* em uma empresa e a alteração em seus indicadores ambientais.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos estão descritos nos tópicos a seguir:

1. Identificar as práticas de produção utilizadas antes da implementação do sistema *Lean Manufacturing*;
2. Identificar quais ferramentas *Lean* foram adotadas;
3. Avaliar quais os indicadores de impacto ambiental são utilizados pela empresa;
4. Analisar comparativamente o impacto ambiental da empresa durante e após a implementação das ferramentas *Lean*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* também é conhecido como “Sistema Toyota de Produção” por ter nascido na Toyota, após a segunda guerra mundial. Trata-se de um sistema de produção estruturado em dois principais fundamentos: a produção sob demanda (*just-in-time*) e a autonomia (*jidoka*) dos processos (OHNO, 1997). Estes conceitos serão discutidos posteriormente.

Além destes fundamentos apontados, para que o *Lean* funcione corretamente existem ferramentas que devem ser aplicadas. São muitas as ferramentas do *Lean Manufacturing*, porém neste trabalho serão discutidos apenas aqueles que se relacionam mais com o tema da presente pesquisa. Para a seleção de quais ferramentas seriam de maior interesse para esta análise, foi consultada a literatura existente a respeito.

A análise realizada por Dieste et al. (2019), investigou a relação de determinadas ferramentas *Lean* com aspecto ambiental. Como abordado anteriormente, este trabalho está focado em avaliar o impacto do *Lean* em indicadores ambientais de resíduos sólidos. Sendo assim, as ferramentas discutidas aqui consideram a realidade das empresas nacionais e o que os pesquisadores relataram, no artigo em questão, serão as que geram mais impacto na geração de resíduo sólido. São elas: mapeamento de fluxo de valor, metodologia 5S, *kaizen* e *Total Productive Maintenance* (TPM).

Assim como os demais sistemas de produção, a lógica do *Lean* é aumentar o lucro da empresa, a diferença está na metodologia empregada para alcançar essa meta. A sua filosofia, partindo dos seus princípios aqui apontados, acredita no aumento da eficácia e lucratividade a partir da eliminação completa dos desperdícios presentes dos processos produtivos, o que reduzirá os custos de produção (MONDEN, 2015; OHNO, 1997).

Em termos de produção industrial, entende-se por desperdício tudo aquilo que não possui valor agregado ao cliente, ou seja, que ele não está disposto a pagar. Assim, há várias formas de ocorrer desperdício na indústria, já que apenas uma pequena parte do produto ou serviço é de fato do interesse do cliente. Com o intuito de facilitar a identificação dos desperdícios para posterior eliminação, Taiichi Ohno (1997), o idealizador do sistema Toyota, agrupou em sete os desperdícios do *Lean*:

1. desperdício de superprodução;
2. desperdício de tempo disponível (espera);
3. desperdício em transporte;
4. desperdício em processamento em si;
5. desperdício de estoque disponível;
6. desperdício de movimento;
7. desperdício de produzir produtos defeituosos.

Esses sete desperdícios apontados estão presentes em todos os processos fabris e, por isso, é de extrema importância conhecer os seus conceitos para que a filosofia *Lean* seja corretamente implementada. Isso porque a primeira etapa de implementação corresponde justamente a identificar esses desperdícios.

A superprodução é o desperdício envolvido na produção de excedentes, isto é, quando a fábrica produz mais do que o cliente quer consumir no momento. Ele é considerado o pior tipo de desperdício, pois a sua existência acarreta o surgimento dos outros seis, já que esse excedente terá de ser transportado, armazenado, inspecionado, entre outros (WILSON, 2009, p.44, tradução livre).

O desperdício de espera está relacionado ao tempo perdido entre processos por materiais ou pessoas não estarem prontas. Isso acontece, por exemplo, quando uma peça termina um processo, mas precisa ficar parada pois a máquina do processo seguinte está ocupada.

Quanto ao desperdício de transporte, ele diz respeito à movimentação desnecessária de materiais, como retirar matéria-prima de estoque, colocar produto em estoque.

O superprocessamento, ou desperdício em processamento, corresponde a adicionar processos ao produto que não agregam valor ao cliente, isto é, que o cliente não está disposto a pagar. Isso pode acontecer com adição de funcionalidades que o cliente não tem interesse no produto, ou ainda com processos muito refinados que não fazem diferença para o consumidor.

O desperdício de estoque é algo extremamente combatido no *Lean* e está profundamente ligado à produção em excesso. Esse método visa pela produção balanceada conforme a necessidade do cliente, sendo assim o objetivo é reduzir ao máximo todos os estoques, tendo apenas um estoque padrão, que segundo Ohno (1997, p.42) “refere-se ao mínimo trabalho em processo intra-processo necessário para que as operações continuem”.

O desperdício de movimento está ligado à movimentação desnecessária de pessoas como pela busca por ferramentas ou por matéria-prima, que já deveriam estar alocados de forma a evitar esse tipo de perda.

O sétimo desperdício é defeito, que acontece quando um produto é fabricado fora das especificações. Quando isso acontece, ou é preciso haver retrabalho ou descarte do produto. Em ambas as situações, há perda de recursos para a empresa.

2.1.1 *Just-in-time*

Como mencionado anteriormente, a técnica *just-in-time* é um dos pilares do sistema de produção *Lean*. Ela consiste em produzir conforme a demanda do cliente. Para explicar o sistema *just-in-time*, Ohno (1997) faz uma comparação da fábrica com um supermercado. Isso porque tal qual um supermercado, a empresa deve ter à disposição do cliente a quantidade de produto que ele precisa e no momento que ele precisa.

Para que esse tipo de produção exista, é preciso que algumas situações específicas ocorram para lhe dar suporte. Por exemplo, é preciso que seja desenvolvido um sistema de produção puxada, ao invés da empurrada, que é o tradicionalmente empregado pelas empresas. Em um sistema empurrado, toda a ordem de produção é originada do departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP), baseada em previsões de mercado, cabendo à linha de produção apenas a execução do plano de produção. Na produção puxada, quem controla o ritmo de produção é a demanda o cliente. Nesta, cada célula de produção produz conforme a necessidade da célula seguinte, sendo a última puxada pelo pedido do cliente. Sobre isso, Dennis escreveu:

Puxar significa que ninguém no fluxo acima deve produzir bens ou serviços sem que cliente fluxo abaixo tenha feito o pedido. No sistema puxado mais comum, o cliente retira o produto e nós preenchemos a lacuna criada a partir disso. (Dennis, 2008, p. 87).

Como discutido por Dennis, o processo seguinte é o cliente do processo anterior a ele. Assim, este sistema garante o funcionamento do *just-in-time*, visto que consegue justamente produzir sob demanda. Entretanto, a produção puxada não é um processo tão simples de ser implementado e depende de outras ferramentas para o seu correto funcionamento, o uso do sistema *kanban* e o nivelamento da produção.

Kanban é a palavra japonesa para placa e é ele o responsável por fazer o controle dos estoques mínimos intermediários, isto é, as quantidades mínimas que devem ter entre as células de produção para que não falte material para o processo seguinte. Trata-se de cartões, ou outros tipos de sinalizações visuais, que indicam quando as peças do processo estão acabando e devem ser produzidas no processo atual, indicando ainda o nível de urgência com o qual a produção deve acontecer para reabastecer o processo seguinte (WILSON, 2009).

Utilizando a analogia de supermercado abordada anteriormente, cada célula de produção deve ter um supermercado de peças disponível para o processo seguinte. Cada processo vai consumindo peças do processo anterior para manter a sua produção contínua. Assim, quando uma peça é consumida, o cartão, ou *kanban*, associado a ela é retirado no quadro de *kanbans* que indica quantas peças ainda estão disponíveis. Geralmente, o quadro de *kanban* trabalha com 3 faixas de cores, primeiro são consumidas as cartas da faixa verde que indica que ainda há bastante peça disponível, ao atingir a faixa amarela é preciso iniciar a produção daquele produto para repor o estoque de segurança estável verde. Quando a faixa vermelha é atingida, é um alerta que se deve produzir imediatamente aquele produto pois as peças do estoque de segurança estão acabando.

Para que o sistema *kanban* funcione corretamente, Ohno (1997) elaborou seis regras para utilização:

1. Acompanhar o processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo *kanban* ao processo precedente;
2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo *kanban*;
3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um *kanban*;
4. Serve para afixar um *kanban* às mercadorias;
5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6. Reduzir número de *kanbans* aumenta sua sensibilidade ao problema.

Analisando as regras de utilização, percebe-se que os *kanbans* têm uma importância fundamental no processo produtivo de uma indústria Lean, sendo eles responsáveis pelo controle da produção. Neste contexto, é possível concluir que eles são ferramentas para a diminuição, ou até mesmo eliminação, de alguns dos desperdícios descritos anteriormente.

Entretanto, para que a produção puxada aconteça de forma funcional, também é necessário que ocorra um nivelamento da produção, conceito definido pela palavra japonesa *heijunka*. Nivelar a produção consiste em ajustar os tamanhos de lotes de modo a cumprir a demanda dos clientes. Em outras palavras, ao invés de produzir um grande lote de um produto e depois produzir um grande lote do outro, ambos produtos são produzidos de maneira intercalada em lotes menores, mais adequados à real necessidade do cliente. O tamanho de lote nivelado é calculado considerando o padrão de consumo dos clientes, de modo a determinar quantidades e intercalações de produtos que atendam às necessidades deles (DENNIS, 2008; LIKER, 2005).

É importante salientar que a etapa de nivelamento da produção deve preceder à implementação do sistema *kanban*. Isso porque os *kanbans* determinam o fluxo da produção de acordo com os tamanhos de lote já nivelados previamente. Essas duas ferramentas juntas são fundamentais para garantir o funcionamento do sistema *just-in-time*.

2.1.2 Autonomia (*jidoka*)

A definição de autonomia é: “na Toyota uma máquina automatizada com toque humano é aquela que está acoplada a um dispositivo de parada automática” (OHNO, 1997, p.28). A autonomia também é conhecida por automatização com toque humano, pois a máquina faz a parada automaticamente ao detectar qualquer defeito, mas cabe aos operadores identificar qual é o problema e resolvê-lo.

Ela é o segundo pilar que sustenta o funcionamento do *Lean Manufacturing* em uma empresa. Ela está ligada à filosofia de não esconder os problemas, mas identificá-los assim que eles surgem para que possam ser resolvidos e para que não voltem a acontecer. Para isso, são feitas análises envolvendo toda a linha de produção, que paralisa para resolução em equipe do problema.

Assim como o *just-in-time*, a autonomia também depende de algumas situações para sua implementação e devido funcionamento. Em outras palavras, ela é sustentada por algumas ferramentas e metodologias.

Em primeiro lugar, vale ressaltar que ela está bastante relacionada com o conceito de *kaizen*, palavra japonesa usada para descrever o método de melhoria contínua usado nas empresas *Lean*. Em outras palavras, é a técnica de fazer o

trabalho sempre pensando em como torná-lo mais eficiente e outras formas poderiam ser realizadas de modo a gerar uma melhoria no processo.

Lonnie Wilson dá a seguinte definição para *kaizen*:

Kaizen é o conceito de melhorar um processo por uma série contínua de pequenos passos. Muitas vezes essas melhorias são pequenas e difíceis de mensurar, entretanto o efeito acumulado é significativo. (WILSON, 2009, p.84, tradução livre).

Neste contexto, a ideia do *kaizen* é que o próprio operador possa propor essas melhorias, já que é ele quem mais está envolvido no cotidiano do processo. Dessa forma, quando ocorre uma parada automática, o operador já envolvido nessa filosofia de melhoria contínua, estará mais apto para surgir com soluções para o problema apresentado.

2.1.3 Mapeamento de fluxo de valor.

O *Value Stream Map* (VSM), ou mapa de fluxo de valor, é uma das principais ferramentas para identificação de onde estão sendo gerados os maiores desperdícios na fábrica.

(...) mapa de fluxo de valor mostra a informação de fluxo necessária para planejar e atingir a demanda normal do cliente. Outras informações de processo incluem tempo de ciclo, inventário mantido, tempos de transição, operários e modos de transporte, para nomear apenas algumas. (WILSON, 2009, p.147).

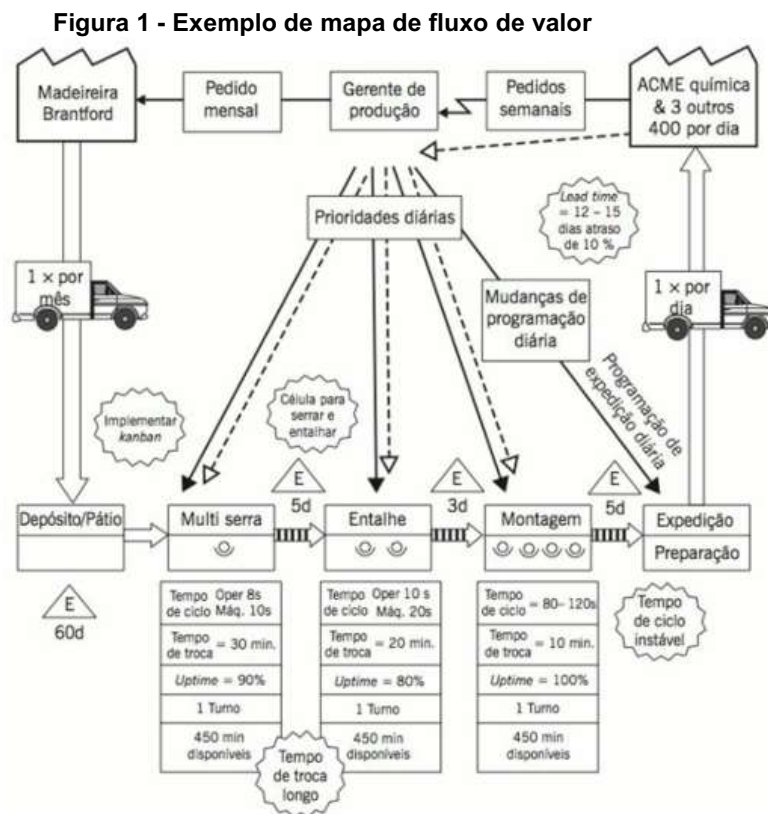
Em resumo, trata-se de um recurso visual que reúne, como ressaltado pela autora na citação acima, uma série de informações importantes. A ideia é mapear todo o fluxo do valor, desde a sua chegada na fábrica, os tempos parado em estoque, em transporte e em que é efetivamente processado, até a sua saída para o cliente. Com isso, todo o processo de fabricação é mostrado, de modo que fica mais fácil de identificar quais são os pontos que mais exigem atenção, quais são os chamados gargalos de produção e onde ocorrem os maiores desperdícios já citados.

Para analisar um mapa de fluxo de valor, faz-se necessário conhecer alguns conceitos, como:

- Tempo de ciclo – é o tempo de execução da peça.
- *Lead time* – é tempo total que o produto passa na fábrica, desde sua entrada como matéria-prima até sua saída como produto.

- Tempo de troca – tempo necessário para que sejam feitas as alterações para mudar o tipo de produto a ser produzido.
- Tempo de agregação de valor – é o tempo em que são feitas atividades de efetiva transformação do produto. Por exemplo, tempo de montagem do produto.
- Disponibilidade (*uptime*) – é a porcentagem de tempo que o maquinário está disponível para produção.

Para ilustrar melhor o conceito de mapa de fluxo de valor, tem-se o exemplo a seguir:



Fonte: Dennis (2008, p. 105)

Analisando a Figura 1, pode-se identificar visualmente os tempos descritos anteriormente. Nota-se que, apesar de haver uma grande quantidade de informação no mapa, elas são agrupadas seguindo uma ordem que permite a compreensão de maneira bastante clara. Essa característica é um dos motivos do sucesso desta ferramenta.

Ao aplicar a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, é interessante destacar que geralmente são confeccionados dois mapas. Primeiro, faz-se o mapa do estado atual, isto é, o fluxo de valor real da empresa é mapeado. Neste são

identificados os gargalos de produção e analisadas as possibilidades de eliminação de desperdícios. Em seguida, deve-se realizar o mapa de estado futuro, o qual se deseja alcançar após as melhorias sugeridas pela equipe que analisou o estado atual. É importante realizar o segundo mapa para obter informações mais diretas do quanto é possível economizar se forem adotadas as novas medidas, neste mapa devem ser calculados novos tempos considerando as novas situações.

2.1.4 Metodologia 5S

Outra ferramenta bastante utilizada pelas manufaturas enxutas é a metodologia 5S, que se baseia em organização e limpeza do ambiente de trabalho. Ela recebe esse nome por ser sintetizada em cinco palavras japonesas que se iniciam com a letra “s”. Essas palavras resumem os princípios deste método e são elas:

1. *Seiri* – significa utilização, no sentido de separar o material de trabalho pela frequência de uso. O que é mais usado deve ter mais fácil acesso e ficar à vista;
2. *Seiton* – é o senso de ordenação. Trata-se de definir lugares e identificações para os materiais de trabalho. Um exemplo são os quadros de ferramenta;
3. *Seiso* – significa limpeza, manter o ambiente de trabalho limpo;
4. *Seiketsu* – relaciona-se com higiene, saúde e bem-estar. Significa que o ambiente deve ser mantido limpo, seguro e organizado, sintetizando os conceitos dos 3S anteriores. Essa limpeza tem um conceito mais amplo do que apenas sujeiras, engloba também ruídos, iluminação adequada, temperatura, entre outros;
5. *Shitsuke* – senso de autodisciplina. Operador conhecer as filosofias da empresa e segui-las sem precisar ser cobrado;

Analisando os conceitos anteriores, percebe-se que esta metodologia se baseia muito em gestão visual. São princípios não complicados de serem aplicados e que geram uma grande diferença para a empresa que os adota.

O movimento 5S traz consigo diversos outros méritos. Ele cultiva, por exemplo, boas relações humanas numa empresa e eleva o moral. Uma empresa cujas plantas são limpas e organizadas conquistará credibilidade junto aos consumidores, fornecedores, visitantes e candidatos a emprego. (LIKER, 2005, p. 195-196).

2.1.5 *Total Productive Maintenance*

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é uma ferramenta *Lean* que diz respeito ao sistema de manutenção da empresa. Este método foi bastante revolucionário, pois propôs que a manutenção das máquinas também fizesse parte das atividades rotineiras das pessoas que as operam, criando uma maior familiarização do operário com o maquinário utilizado.

Além disso, esse sistema de manutenção tem como objetivo zerar as perdas. Pode-se perceber isso melhor ao analisar os cinco pilares do TPM propostos por Seiichi Nakajima (1988), o idealizado dessa metodologia:

1. Eliminação das seis grandes perdas para aumentar a eficiência do equipamento;
2. Um programa de manutenção autônoma;
3. Um horário programado de manutenção para o departamento de manutenção;
4. Aumentar habilidades de operações e de manutenção dos funcionários;
5. Um programa inicial de gestão de equipamentos.

O primeiro princípio é justamente sobre eliminar as perdas. Quando se trata de TPM, existem seis principais perdas que são quebra ou falha do maquinário, ajuste de setup, pequenas paradas, queda de velocidade, produtos com defeito e, por fim, perda no início de operação e queda de rendimento (WILSON, 2009). Assim, agir de modo a evitar que essas situações aconteçam é uma das ideias desse método e isso cabe não só ao departamento de manutenção, como também ao trabalhador que opera a máquina.

Neste contexto, insere-se o segundo princípio que é a inserção da manutenção autônoma. Nesta, os operários são elementos fundamentais para o processo de manutenção dos equipamentos com os quais trabalham, devendo ser envolvidos em atividades de limpeza, inspeção, lubrificação, entre outras relacionadas à manutenção da sua eficiência.

O terceiro princípio se relaciona com a ideia de planejar o processo de manutenção, ao invés do modo anterior no qual as empresas esperavam a máquina parar para então apenas consertá-la. Esse planejamento deve incluir não apenas

quando a manutenção deve ser feita, mas o que deve ser feito, por qual profissional e de que maneira.

Já o quarto princípio, ele está muito ligado à ideia de educar e capacitar os trabalhadores para que possam fazer a manutenção autônoma. Além disso, devem ser treinados para identificar anomalias nos equipamentos, pois são eles quem mais estão envolvidos com estes. Uma vez uma anomalia identificada precocemente, uma atitude pode ser tomada em prol de seu reparo sem gerar grandes perdas para o processo, como uma quebra de maquinário.

Por fim, no quinto princípio tem-se o pensamento de capacitar os operários a como fazer a manutenção de equipamentos novos. Este princípio surge para evitar que um operador opere uma máquina sem ter conhecimento de como realizar a sua manutenção básica.

2.2 Impacto Ambiental

A questão ambiental tem se tornado cada vez mais relevante à medida que a população se conscientiza sobre a importância de se pensar no futuro do planeta. Neste contexto, a mensuração e análise sobre o impacto ambiental de suas atividades torna-se algo muito urgente para as empresas se manterem em alta no mercado.

Segundo a legislação existente, a definição de impacto ambiental é:

Para efeito dessa resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança ou o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 2008)

A partir deste conceito, é possível que as empresas possam estabelecer metas quanto ao seu desempenho ambiental, de modo a estar em conformidade com a legislação em vigor e com os seus valores éticos. Com o intuito de verificar o cumprimento dessas metas, é de fundamental importância que as companhias utilizem indicadores de desempenho ambiental, que vão mostrar qual o nível de impacto de suas atividades no meio ambiente.

Além disso, muitas empresas já possuem um pensamento de construir o processo produtivo de modo que ele seja mais ecologicamente correto, ao invés de apenas lidar com os problemas ambientais já existentes em consequência de suas

atividades produtivas. Neste sentido, destaca-se a metodologia de “Produção mais Limpa”, a qual será abordada no presente trabalho por também ser bastante comparada à filosofia Lean, como será mostrado posteriormente.

2.2.1 *Produção mais Limpa (PmaisL)*

A Produção mais Limpa é uma proposta para que os processos produtivos considerem a parte ambiental em sua estruturação, o que os tornam mais eficazes e rentáveis. Este conceito surgiu em 1990 e foi lançado pela UNEP, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que o definiu como: “a contínua aplicação de uma estratégia ambiental integrada para processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir riscos para humanos e para o meio ambiente” (UNEP,1990).

Como é possível analisar no trecho anterior, trata-se sim de uma metodologia que visa a preservação do meio ambiente, mas que não desconsidera a questão da lucratividade. Assim, essa abordagem pode ser mais agradável aos altos cargos de gerência, visto que muitos ainda possuem certo estigma quando o assunto é meio ambiente. Isso porque há um senso-comum de que medidas ambientais são custosas e requerem muito tempo para implementação (BOYLE, 1999).

Em contrapartida, a metodologia PmaisL apresenta técnicas que são facilmente incorporadas ao cotidiano da fábrica, quase não exigem investimentos financeiros e trazem um retorno financeiro e ambiental em tempo consideravelmente curto. Um exemplo disso é a técnica de *housekeeping*, que consiste em manter o ambiente de trabalho limpo, de modo evitar a geração de resíduos, e cuidar dele de maneira geral. Para implementar essa técnica, só é necessário capacitar os trabalhadores da empresa.

Sobre essa preocupação em não gerar resíduos, essa é uma característica que a diferencia das medidas que eram utilizadas antes dela. Em outras palavras, a Produção mais Limpa tem um perfil mais preventivo, sua preocupação é de estruturar os processos produtivos de modo a garantir que seja gerado o mínimo de resíduo possível. Além disso, preocupa-se também com outros aspectos ambientais presentes nos processos, sempre atuando de modo a torná-los mais ambientalmente corretos. Isso é diferente do pensamento que acontecia anteriormente, nos quais havia uma postura de “tratamento de fim de tubo”, em que apenas se agia nos resíduos e

emissões já gerados pelas atividades desenvolvidas (WERNER; BACARJI; HALL, 2011; HINZ; VALENTINA; FRANCO, 2007).

Quanto à mínima geração de resíduos, trata-se de um dos principais objetivos dessa metodologia. Uma das formas de obtenção dessa meta é analisar todo o processo produtivo com o intuito de encontrar, na origem da geração de resíduos, maneiras de eliminá-los. Em seguida, deve-se procurar minimizar o que não for possível eliminar. O terceiro passo dessa abordagem é fazer uma reciclagem interna dos resíduos que não puderam ser eliminados. Por fim, deve-se buscar uma reciclagem externa para os demais. Esses são os quatro níveis propostos pela Produção mais Limpa (FARIAS; MEDEIROS; FREITAS, 2015).

Ademais, existem outras metodologias que visam inserir a preocupação ambiental no ambiente fabril. Neste contexto, muitas empresas acabam optando por adotar a ISO 14.001, que é uma norma que estabelece medidas e especificações para que seja estabelecido um Sistema de Gestão Ambiental na companhia. Trata-se de uma norma bastante completa sobre políticas ambientais, estabelece conceitos e critérios importantes e, também, disponibiliza uma certificação para aquelas empresas que cumprem as especificações descritas na norma. Essa certificação pode ser obtida através de uma auditoria realizada na companhia, por uma empresa certificada apta para prestar esse tipo de serviço. Sem dúvidas, possuir um certificado de cumprimento com a ISO 14.001 é interessante para a empresa em termos de mostrar para os stakeholders, para os consumidores e para a comunidade em geral que ela possui responsabilidade ambiental.

Entretanto, em termos de fornecer artifícios para que a empresa realmente tenha um maior controle sobre os resíduos e emissões gerados, atuando com caráter preventivo, a Produção mais Limpa se mostra mais eficiente. Sobre isso, Fresner escreve:

EMAS e ISO 14.001 são principalmente focados em auditorias dos sistemas de gestão. Então, as ferramentas da Produção mais Limpa ajudam a organização a entender e mensurar seus resíduos, descargas e emissões. As normas e regulamentos não provêm às organizações com ferramentas específicas para fazer isso. (FRESNER, 1998, p. 179, tradução livre)

Como pode ser analisado pelo trecho anterior, a PmaisL é mais completa em termos de fornecimento de ferramentas concretas para empresas sobre práticas mais ambientalmente corretas. Esse é um dos motivos pelos quais ela foi selecionada como

principal abordagem ambiental deste trabalho. Além disso, outros fatores considerados foram sua forte análise sobre resíduos sólidos e por possuir algumas similaridades com o *Lean Manufacturing*, ambos focos de estudo do presente trabalho.

2.2.2 Indicadores de desempenho ambiental

Para que uma empresa possa atuar de maneira efetiva sobre os impactos ambientais que a sua produção gera, é preciso que ela meça esses impactos. Para isso, são utilizados os indicadores de desempenho ambiental, ou simplesmente conhecidos por indicadores ambientais. Sua principal função é mostrar quais são as condições ambientais de um determinado local.

Ao medir o impacto ambiental de um aspecto de sua produção, a empresa tem informações sobre o cumprimento ou não de suas metas sobre meio ambiente e da legislação ambiental do país que atua. Além disso, Azzone e Manzini trazem a importância de se usar indicadores ambientais e comunicar suas informações, no sentido de mostrar para o público que a companhia realmente está comprometida com a causa ambiental (AZZONE; MANZINI, 1994).

Ademais, outra característica interessante dos indicadores é que eles facilitam a compreensão das situações, tendo o poder de sintetizar e esclarecer algumas situações que podem não ser tão bem compreendidas apenas pelo diálogo. Isso porque os indicadores funcionam como um diagnóstico da situação ambiental, que muitas vezes pode ser bastante complexa, mas que fica de mais fácil compreensão quando analisada de forma mais concreta, com dados quantitativos (RAUPP; SELLG; SORLANO-SIERRA, 2015).

Existem vários tipos de indicadores ambientais, inclusive qualitativos apesar de terem sido mencionados apenas os quantitativos até o presente momento. Neste trabalho, serão analisados apenas os indicadores quantitativos pelas vantagens já descritas que eles fornecem, o que não exclui a importância dos qualitativos.

Em decorrência dessa grande variedade de indicadores de desempenho ambiental, a seleção de qual indicador utilizar é bastante importante e demanda bastante estudo. Em muitos casos, mesmo com a vasta literatura a respeito, ainda é preferível que a empresa desenvolva seu próprio indicador ambiental, com base nas suas próprias experiências e necessidades. Aliás, mesmo que ela não desenvolva seu

indicador, é preciso que aquele selecionado seja adaptado para a sua realidade para que os dados obtidos sejam de fato relevantes.

Para a seleção dos indicadores, Azzone e Manzini propõem alguns pré-requisitos com os quais estes devem estar de acordo. Segundo estes, os indicadores devem ser orientados para o exterior da fábrica, proporcionar uma visão geral do desempenho ambiental do aspecto que se deseja avaliar, possuir uma mensurabilidade objetiva, ter uma lógica de ser avaliado a longo prazo e não apenas naquele momento específico e, por fim, devem possuir um limite de custo financeiro (AZZONE; MANZINI, 1994).

Sobre este trecho, vale ressaltar a importância da avaliação do desempenho ambiental usando um mesmo indicador durante um intervalo de tempo considerável. Isso é relevante porque apenas uma medida não é capaz de mostrar se as medidas ambientais adotadas pela empresa estão dando o resultado desejado, se houve melhora ou piora do quadro do aspecto analisado, se é preciso adotar novas medidas ou mudar processos.

2.2.2.1 Indicadores de ecoeficiência

A ecoeficiência é proposta pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável na década de 1990. Ela pode ser definida como:

Ecoeficiência é um conceito chave para ajudar companhias, indivíduos e outras organizações a se tornarem mais sustentáveis. Ela reúne os ingredientes essenciais - progresso econômico e ecológico – que são necessários para aumentar a prosperidade econômica com um uso mais eficiente de recursos e menores emissões de substâncias que podem ter consequências ambientais adversas. (VERFAILLIE; BIDWELL, 2000, p. 9, tradução livre)

Pelo trecho anterior, percebe-se a similaridade com as ideias de Produção mais Limpa. Isso acontece porque a ecoeficiência está inserida nessa lógica da PmaisL, isto é, alia as ideias de uma produção ambientalmente mais favorável sem excluir a importância do crescimento econômico. Ela pode ser calculada pela equação (VERFAILLIE; BIDWELL, 2000):

$$ecoeficiência = \frac{\text{valor do produto}}{\text{influência ambiental}} \quad (1)$$

Na Equação (1), no numerador são alocados valores referentes às quantidades de produtos produzidos, ou vendidos. No denominador, valores referentes ao aspecto ambiente a ser analisado. Por exemplo, se a análise se refere

ao uso de água da empresa, este valor deve ser o de consumo de água. Tanto o valor do produto, quanto a influência ambiental, devem ser relacionados ao mesmo período entre si para que a análise seja feita corretamente.

Essa equação consegue relacionar a taxa de produto produzido ao impacto ambiental que ele gera. Dessa forma, é possível obter a eficiência da produção em termos tanto ambientais quanto financeiros. O objetivo principal é que se possa aumentar a produção, diminuindo o consumo de recursos naturais e causando o menor impacto possível no meio ambiente.

Dessa maneira, para cada aspecto ambiental há um indicador de ecoeficiência que mais se adequa a ele. Há duas principais classificações, são elas: indicadores aplicados em geral e os específicos por empresa, sendo que os primeiros se referem a assuntos de interesse global e podem ser usados por praticamente todas as empresas, como consumo de energia. Já os segundos são aqueles desenvolvidos individualmente pelas empresas para se adaptar à sua realidade (VERFAILLIE; BIDWELL, 2000).

Os resíduos totais se referem à quantidade total de resíduos gerados pela empresa. O indicador de resíduos totais é medido no sistema métrico, geralmente em toneladas. Não há um consenso sobre como mensurar essa quantidade total de resíduos gerados, cabendo à interpretação e à realidade da empresa, por isso este indicador é considerado como potencial indicador geral.

2.2.2.2 Indicadores da ISO 14.031: 2004

A ISO 14.031 surge em 2004 com o intuito de respaldar a ISO 14.001. Na ISSO 14.031, são descritas diretrizes para que seja feita a avaliação do desempenho ambiental das empresas. Como explicado anteriormente, àquelas companhias que implementam as medidas descritas da norma e passam por devida auditoria que comprove que tais exigências foram cumpridas, há uma certificação de conformidade.

Essa certificação serve para mostrar ao público, bem como para os investidores da empresa, o seu comprometimento com o meio ambiente. Atualmente, possuir um certificado que corrobore a atuação ambiental da empresa é de extrema importância para que se mantenham competitivas no mercado.

Na metodologia descrita nesta norma, há duas classificações de indicadores: Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) e Indicadores de Condições Ambientais (ICA). O primeiro tipo se relaciona com avaliar como as atividades da empresa afetam

o meio ambiente ao seu redor. Já o segundo, foca nas condições nas quais o meio ambiente se encontra. Os Indicadores de Desempenho Ambiental, por sua vez, também possuem duas classificações: Indicadores de Desempenho Gerencial (IDG), que avaliam as atividades da gerência da empresa quanto ao meio ambiente, e Indicadores de Desempenho Operacional (IDO), que avaliam em termos ambientais as operações da empresa (ABNT,2004).

Como o objetivo deste trabalho é analisar como a implementação do *Lean Manufacturing* na estrutura empresarial se relaciona com o desempenho ambiental, será selecionado o IDA. Mais precisamente, os Indicadores de Desempenho Operacional.

Na ISO 14.031, encontra-se uma lista de informações que são importantes de serem obtidas para que possa ser desenvolvido o IDO. Entre elas estão, informações sobre as entradas e saídas – tanto da linha de produção, quanto de cada processo, projeto e instalação, manutenção e sobre as operações em si (ABNT,2004).

Quanto aos resíduos sólidos, são listados os seguintes possíveis IDOs na norma:

Quantidade de resíduos por ano ou por unidade de produto; quantidade de resíduos perigosos, recicláveis ou reutilizáveis produzidos por ano; quantidade de resíduos para disposição; quantidade de resíduos armazenados no local; quantidade de resíduos controlados por licenças; quantidade de resíduos convertidos em materiais reutilizáveis por ano; quantidade de resíduos perigosos eliminados devido à substituição de material. (ABNT, 2004)

Complementar a ISO 14.031, tem-se a norma nacional NBR 10004:2004 que estabelece importantes conceitos quanto a resíduos sólidos.

2.3 Lean e Green

Analisando as ideias de produção do sistema *Lean Manufacturing* e na Produção mais Limpa, percebe-se algumas similaridades. Isso porque para ambas os desperdícios são ruins para o processo produtivo e devem ser eliminados, quando possível, ou ao menos reduzidos ao mínimo. A maior diferença entre ambas se dá na justificativa do porquê eliminar desperdícios.

Enquanto o *Lean* se pauta na lógica que os desperdícios atrapalham o desempenho econômico da empresa em que atua, a PmaisL também considera as questões ambientais e sociais relacionadas a isto. O primeiro está focado mais na

redução de custos para a empresa, já o segundo agrega a preocupação em diminuir o impacto ambiental das atividades que ela realiza (PEREIRA; MIGASHI; HURTADO, 2019).

Com o intuito de facilitar a compreensão de como as duas metodologias se relacionam, tem-se a seguir, na Figura 2, os sete desperdícios do Lean estão relacionados a consequências que a eliminação deles traz na lógica da PmaisL:

Figura 2 - Relação dos desperdícios do *Lean* com a Produção mais Limpa

Tipos de Perdas	Integração com a produção mais limpa
Excesso de Inventário	Redução da geração de resíduos por vencimento de produtos. Minimização da geração de resíduos na fonte.
Produzir acima das necessidades	Redução da geração de resíduos por vencimento de produtos. Minimização da utilização de matérias - prima.
Transporte desnecessário de materiais	Redução do consumo de energia elétrica/ combustíveis etc. Redução da emissão de poluentes. Minimização da geração de resíduos na fonte.
Espera desnecessária de pessoas e materiais	Minimização do risco de geração de resíduos por vencimento ou incorreta disposição dos materiais.
Movimentação desnecessária de pessoas	Redução no consumo de combustíveis e energia.
Processamentos desnecessários	Minimização da geração de resíduos. Redução do consumo de energia elétrica/ combustíveis etc.
Defeitos/ Retrabalho	Minimização da geração e descarte de resíduos devido à má qualidade do produto. Redução do consumo de matéria prima. Eliminação da geração de resíduo na fonte.

Fonte: Fontes et al (2013, p.8)

Analisando a Figura 2, percebe-se que praticamente todos os desperdícios do Lean estão relacionados à geração de resíduos. Dessa forma, implementando ferramentas de manufatura enxuta, têm-se como consequência, teoricamente, uma melhoria desse aspecto ambiental, apesar de não ser este o foco desse sistema de produção.

Em contrapartida, a parte ecológica não é e não deve ser apenas uma consequência aleatória da implementação das ferramentas *Lean*, mas um próximo passo. Assim, nesta visão, para empresas serem consideradas de fato enxutas, devem incluir medidas que tenham como objetivo uma produção mais ambientalmente amigável (DÜES; TAN; LIM, 2013).

Entretanto, apesar de todos esses aspectos positivos e haver muita relação positiva entre a filosofia *Lean Manufacturing* e o meio ambiente, é preciso esclarecer que nem sempre essa relação pode ser benéfica. Alguns autores têm levantado a

hipótese de uma possível interação negativa da técnica de produção *just-in-time* com o meio ambiente. Sobre este assunto:

JIT confronta baixos níveis de inventários e transportes mais frequentes com poluição adicional e redução do desempenho ambiental (emissões de gás carbônico ou embalagens adicionais por exemplo). (Dieste et al, 2019, p.127)

Esse aspecto trazido pelos autores, observado no trecho anterior, é bastante preocupante e deve ser melhor analisado sobre o que deve ser feito para ajustar a metodologia *Lean* ao pensamento mais ecologicamente correto. Entretanto, essa característica não inviabiliza analisar a influência do sistema de produção a outros aspectos ambientais, como a questão dos resíduos sólidos que será analisada neste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de caráter quantitativo, pois a análise é feita a partir de resultados mensuráveis numericamente. Além disso, pode assim ser classificada como um estudo de caso, visto que é analisado o cenário de uma indústria específica do setor alimentício.

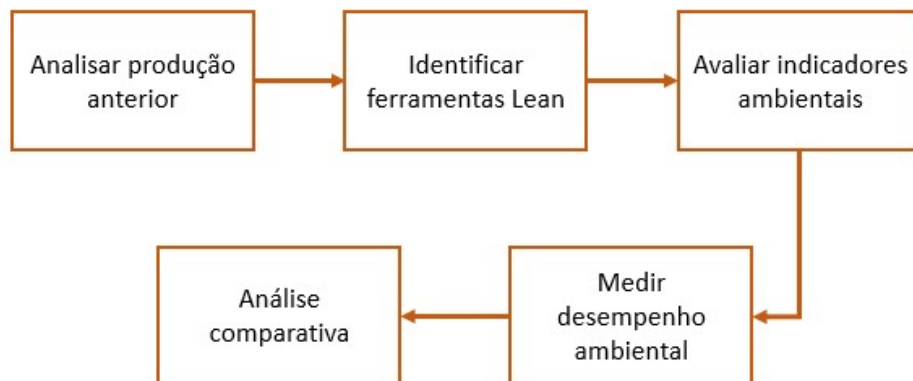
3.2 Ambiente da pesquisa

A empresa selecionada para a pesquisa se trata de uma multinacional de produtos alimentícios, cuja planta analisada situa-se na região industrial de Curitiba, no estado do Paraná. A escolha se deu pelo fato dela possuir certificação ISO 14.031 até o período analisado e por ter passado pelo processo de implementação do sistema de produção *Lean Manufacturing*.

3.3 Análise e coleta de dados

Os processos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa estão resumidos no fluxograma presente na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Procedimentos de coleta e análise de dados



Fonte: autoria própria (2022)

Como é possível analisar na Figura 3, este trabalho foi dividido em cinco principais atividades, as quais serão descritas a seguir.

3.3.1 *Análise da produção anterior*

Etapa de levantamento dos aspectos da produção fabril da empresa antes da implementação das ferramentas *Lean*. Um especialista de produção que trabalha na empresa desde o período anterior à implementação do *Lean Manufacturing* apenas forneceu a informação que não poderia compartilhar documentos, tais como estratégias de produção ou relatórios de desempenho da produção, pelo fato de não terem as práticas de produção tão bem documentadas quanto aconteceu com a implementação do *Lean* posteriormente, que estabeleceu diretrizes de documentação e maior padronização.

3.3.2 *Identificação das ferramentas Lean*

Para identificar quais foram as ferramentas de *Lean Manufacturing* implementadas na empresa, buscou-se analisar a documentação existente sobre o projeto de implementação do *Lean Manufacturing*. Um especialista em *Lean* da empresa forneceu estes documentos com os planos para implementação do *Lean*.

Os documentos compartilhados foram planos mestres de implementação da filosofia *Lean* e de ferramentas. Nestes planos mestres, havia governança das informações necessárias, esclarecimento de papéis e responsabilidades esperadas e um grande planejamento para fomentar treinamentos de cunho cultural para obter-se uma produção enxuta e com mínimos desperdícios. Também havia nestes planos, linhas do tempo, definição de objetivos anuais e metas que representassem marcos de progresso. Além disso, também foram analisados os relatórios anuais que mostravam o andamento do plano e uma retrospectiva de objetivos alcançados e pontos de dificuldade. Estes relatórios eram utilizados como base para o planejamento do ano seguinte, havendo as devidas adaptações necessárias.

3.3.3 *Avaliar indicadores ambientais*

Para entender sobre os indicadores ambientais, foram compartilhados digitalmente documentos que estabelecem as normas ambientais estabelecidas pela empresa.

Posteriormente, foi realizada uma análise comparativa entre os indicadores utilizados pela empresa com aqueles definidos pela ISO 14031, pela NBR 10004, com o conceito de ecoeficiência estabelecidos no referencial teórico do presente

trabalho. Notou-se semelhança, o que foi um fator determinante para a decisão de não precisar desenvolver novos indicadores apenas para esta pesquisa, visto que os indicadores já utilizados pela empresa dão a visibilidade esperada do impacto ambiental que sua produção gera.

3.3.4 *Medir desempenho ambiental*

Neste trabalho, serão usadas duas abordagens de avaliação de desempenho ambiental. Primeiramente, dentro do pensamento da Produção mais Limpa, são analisados os indicadores dentro do conceito de ecoeficiência do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (cuja sigla em inglês é WBCSD). Em seguida, serão discutidos os indicadores propostos pela ISO14.031, que é a norma que define conceitos e especificações para a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) de empresas.

Os indicadores anuais de resíduos sólidos foram disponibilizados pelo especialista de meio ambiente para a devida análise por meio de planilha contendo o valor absoluto do indicador referente a cada ano específico do período analisado, ou seja, os indicadores anuais de 2013 a 2021. Como já mencionado, os indicadores analisados foram globais, ou seja, consideram a geração de resíduos e a produção de todas as fábricas dentro da planta analisada.

Quanto a resíduos sólidos, existem dois principais indicadores adotados pela empresa e que foram utilizados neste estudo para análise: geração de resíduos anual, em toneladas, e a geração de resíduos em relação à produção total da planta, em quilogramas por toneladas.

3.3.5 *Análise comparativa*

Para análise do impacto do *Lean* no meio ambiente, os resultados obtidos a partir das medições dos indicadores compartilhados foram apresentados em gráfico. Neste, foram colocados os valores absolutos dos indicadores no eixo y ao longo do tempo (eixo x).

Os valores dos indicadores referentes ao período de início da implementação das ferramentas de Lean Manufacturing, em 2013, depois ao período de adoção da filosofia e, por fim, o cenário atual com as ferramentas já adotadas. Dessa forma,

analisou-se o comportamento dos valores dos indicadores ambientais e foi possível tecer conclusões a respeito da influência do Lean nestes.

Para a análise, considerou-se os valores dos dois principais indicadores da empresa em sua totalidade. Entretanto, por uma questão de confidencialidade, não serão apresentados os valores reais dos resíduos anuais gerados, apesar de terem sido utilizados. Para ter uma representação dos valores ao longo do tempo analisado, utilizou-se no estudo apenas o gráfico percentual comparativo entre os anos. O indicador de geração de resíduos em relação a produção foi mantido em sua integridade por se tratar de uma medida relativa e que não revela informações sigilosas. Também foi utilizado o gráfico percentual comparativo para este segundo indicador.

4 RESULTADOS

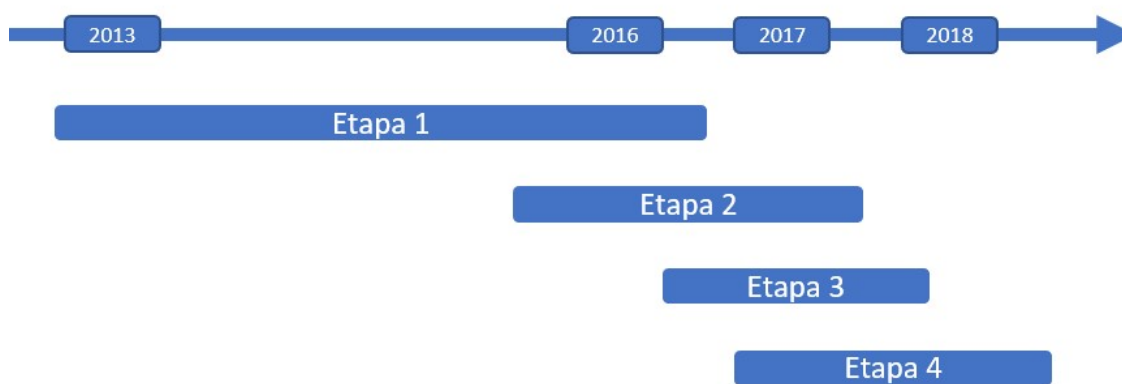
4.1 Produção anterior e implementação do *Lean*

Antes da adoção do sistema *Lean*, a empresa tinha uma produção de modo considerado tradicional, ou seja, empurrada e com muita centralização de decisões de produção. A partir de 2013, a planta começou o desenvolvimento da filosofia *Lean* e, atualmente, sua principal ferramenta é o TPM.

Em 2012, decidiu-se implementar o sistema *Lean Manufacturing* na planta de Curitiba. Essa decisão teve como precedente o fato que tal sistema já havia sido implementado em outras plantas da empresa ao redor do mundo e trazia resultados muito positivos.

Para fins de melhor entendimento, considera-se neste estudo quatro principais etapas que compõe o processo de implementação da metodologia do *Lean Manufacturing* na empresa estudada. O processo se iniciou em 2013 e teve sua implementação finalizada em 2018, com o marco do alcance da primeira certificação em TPM. Na figura a seguir, pode-se ter uma visão de como essas etapas ocorreram ao longo desses 5 anos:

Figura 4 - Linha do tempo da implementação do *Lean Manufacturing* na empresa estudada



Fonte: autoria própria (2022)

Observa-se na Figura 4, que a primeira etapa é também a maior em termos de tempo de duração. Isso é considerado padrão numa implementação de *Lean*, já que é a fase em que se foca na mudança da filosofia da empresa. Dessa forma, nesse período houve uma grande força-tarefa de treinamento de conceitos de manufatura

enxuta e *gemba kaizen*, como o foco de sedimentar a parte cultural. Concomitante a esse desenvolvimento de pensamento, houve também um foco para implementação da técnica de 5S e do desenvolvimento de Mapas de Fluxo de Valor para entender o estado atual, identificar pontos de maior desperdício e de mapa de estado futuro para definir onde chegar. Conceitos de TPM começam a ser discutidos também nessa fase.

A segunda etapa, compreendida entre o final de 2015 a meados de 2017, configura-se como um período de reavaliação e de expansão. Nessa etapa, são desenvolvidos novos Mapas de Fluxo de Valor. Além disso, a inteligência de perdas ganha grande destaque. Fortalecimento das práticas de TPM, em especial manutenção autônoma e SMED (*Single Minute Exchange of Die*, traduzido como Troca Rápida de ferramenta).

A terceira etapa mostrada na Figura 4 ocorre em paralelo e como consequência da etapa 2. Trata-se de um período focado em trabalhar em conjunto com toda a cadeia de suprimentos para garantir uma produção no modelo *just-in-time*.

Já a quarta etapa, considerada neste estudo como o marco para a implementação do *Lean Manufacturing*, o foco é em alcançar a certificação em TPM, com ênfase em padronização de rotinas de manutenção, manutenção autônoma e SMED. Treinamentos voltados para TPM são realizados, a técnica é implementada de modo que realmente alcançam a certificação em 2018.

Vale ressaltar que o pilar de *Lean Manufacturing* é bastante atuante e ainda trabalha na implementação de novas ferramentas da metodologia, bem como procedimentos para garantir o sucesso e a continuidade das técnicas *Lean* já implementadas. Para este estudo, considera-se que as ferramentas já implementadas até 2018, são suficientes para a análise relacionada a resíduos sólidos. Essa consideração baseia-se na análise apresentada na Figura 5 a seguir, nela são apontadas as principais ferramentas de *Lean Manufacturing* e o impacto que elas têm em cada categoria de medidas para o meio ambiente:

Figura 5 - Práticas de *Lean* e medidas de meio ambiente

		Energy Use	Land Use	Materials Use	Toxic/Hazardous chemicals use	Water Use	Air Emissions	Water Pollution	Solid Waste	Product impacts	Money Saved	Most impactful practice
JIT	SCM	4	1	4	4	1	6	2	5	1	2	30
	VSM	7	3	8	6	5	9	5	7	2	8	60
	SMED	2	0	1	0	0	2	1	1	0	1	8
TQM	5S	5	2	5	3	2	3	2	4	1	3	30
	Kaizen	3	2	4	6	5	5	4	4	2	5	40
	KPIs	1	0	1	0	1	2	0	1	0	1	7
	Visual management	2	1	2	1	1	2	0	1	0	0	10
	TPM	2	0	1	1	0	2	1	3	0	1	11
	HRM	2	0	1	0	2	1	0	1	0	0	7
	Most impacted measure	28	9	27	21	17	32	15	27	6	21	

Fonte: Dieste et al (2019)

Como observa-se na figura 5, as principais ferramentas que afetam os indicadores de meio ambiente, em ordem de impacto: Mapa de Fluxo de Valor, Gestão da Cadeira de Suprimentos), 5S, kaizen e TPM. Como a planta em análise possui todas estas técnicas implementadas de 2013 a 2018, ela se configura como adequada para esta pesquisa.

4.2 Política de meio ambiente

A empresa analisada possui um comitê de Meio Ambiente e sólidas diretrizes para alcançar uma Produção mais Limpa. O grande objetivo da companhia, em termos ambientais, é a obtenção de uma produção com zero resíduos.

A política de meio ambiente da empresa segue as diretrizes estabelecidas pela ISO 14031 e pela a NBR 10004. Sendo assim, considera-se como resíduo todas as substâncias e objetos dentro da planta que devem ser descartados. Para melhor orientar os colaboradores sobre as prioridades quanto à destinação de resíduos, tem-se os seguintes passos em ordem decrescente de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem (reaproveitamento de materiais), coprocessamento (reaproveitamento para energia), destinação final (incineração/aterros).

Vale ressaltar que o pilar de meio ambiente está integrado ao pilar de Lean Manufacturing, isto é, que é responsável pela manutenção da filosofia Lean dentro da empresa e pela implementação de novas ferramentas Lean ainda não utilizadas. Isso mostra que no mercado brasileiro já temos alguns exemplos de companhias que associam a manufatura enxuta com os conceitos de Produção mais Limpa.

4.3 Análise de resultados

Como mencionado anteriormente, a empresa utiliza dois indicadores principais e que foram considerados adequados para esta análise: geração de resíduos anual e a geração de resíduos em relação à produção total da planta.

4.3.1 Análise comparativa

O primeiro indicador a ser analisado é a geração de resíduos totais em toneladas que é gerado anualmente em toda a planta de Curitiba. Por resíduos totais a empresa considera:

$$\text{Resíduos totais} = \text{Resíduos Perigosos} + \text{Resíduos Orgânicos} + \text{Demais Residuais} \quad (2)$$

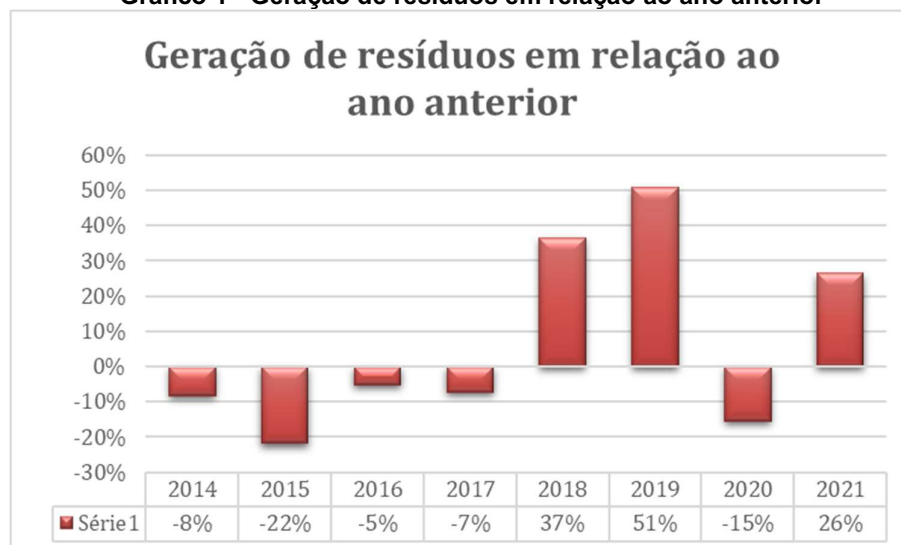
A classificação dos resíduos nestes 3 grupos segue às definições estabelecidas pela NBR 10004. Além disso, como discutido anteriormente, a mensuração da quantidade total de resíduo gerada por ano por uma empresa é um Indicador de Desempenho Operacional (IDO) de utilização aconselhada pela ISO 140031.

Os indicadores de geração de resíduos totais anuais referentes aos anos 2013 a 2021 foram analisados, mas não serão mostrados neste estudo, como já comentado anteriormente. Notou-se que houve quedas consecutivas na geração total de resíduos da planta entre os anos 2013 até 2017, ocorrendo um acréscimo a partir de 2018. Para entender melhor essa variação, analisou-se então a geração de resíduos comparativamente à geração do ano anterior. Em outras palavras, calculou-se qual o percentual de aumento ou redução de resíduos gerados em relação ao ano imediatamente anterior a ele:

$$\text{Geração relativa percentual} = \left(\frac{\text{Geração de resíduos do ano}}{\text{Geração de resíduos do ano anterior}} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

A partir da Equação 3, foi possível obter os resultados mostrados no Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 - Geração de resíduos em relação ao ano anterior



Fonte: autoria propria (2022)

Percebe-se que a geração de resíduos na planta aumentou expressivamente a partir de 2018. Comparando-se o período total analisado, de 2013 até 2021, houve um aumento de 39% de resíduos totais gerados. Além disso, apesar de em 2020 ter havido uma diminuição de geração de resíduos por produção quando comparado a 2019, ainda apresenta um valor superior à geração por produção referente ao início da implementação do *Lean Manufacturing*.

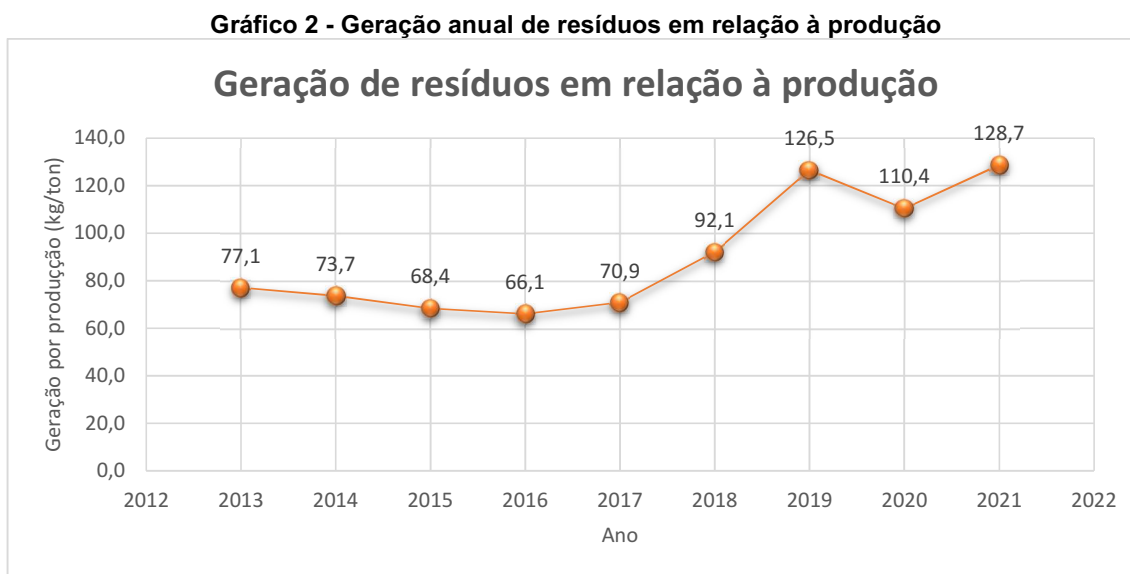
Entretanto, para tecer uma análise mais sólida quanto ao comportamento ambiental da empresa referente a resíduos sólidos, é preciso analisar ainda a geração de resíduos quando comparada com a produção total da planta. Isso porque, se houve aumento da produção, consequentemente é natural que ocorra uma geração proporcional de resíduos. Assim, para concluir sobre o desempenho ambiental da planta é preciso visualizar a que proporção aumentou a geração de resíduos quando comparada com a produção naquele ano.

4.3.2 Geração de resíduos por produção

O segundo indicador é o de geração de resíduos totais considerando a produção total no ano referente. Esta mensuração é uma variação da ecoeficiência, que propõe analisar a quantidade de produtos produzidos em relação ao impacto ambiental que se deseja analisar.

$$\text{Geração por produção} = \frac{\text{Geração de resíduos do ano}}{\text{Volume de produção do ano}} \quad (4)$$

Os indicadores de geração de resíduos totais anuais referentes aos anos 2013 a 2021 estão mostrados no gráfico a seguir:



Fonte: autoria própria (2022)

Nota-se que existe uma redução de 2013 a 2016, leve aumento em 2017 e aumento considerável a partir de 2018.

A análise percentual será de modo similar à estabelecida para a geração total de resíduos:

$$\text{Geração por produção relativa} \left(\frac{\text{Geração por produção do ano}}{\text{Geração por produção do ano anterior}} - 1 \right) \times 100 \quad (5)$$

A partir da equação 5, foi possível obter os resultados mostrados no gráfico 3:

Gráfico 3 - Geração de resíduos por produção em relação ao ano anterior



Fonte: autoria própria (2022)

Ao analisar o gráfico anterior, nota-se a diminuição de geração de resíduos em comparação ao ano anterior foi sutil entre os anos de 2013 a 2016, porém existente. Vale ressaltar que, assim como ocorreu na geração total de resíduos, no ano de 2020 houve redução de geração de resíduos em relação à produção quando comparado ao ano anterior, mas ainda é um valor superior ao do início do período de implementação do *Lean Manufacturing* em 2013.

Utilizando a Equação 5 foi possível analisar o desempenho ambiental em todo o período analisado, isto é, entre 2013 e 2021. Neste caso, a geração por produção do ano refere-se ao ano de 2021, e a geração por produção do ano anterior refere-se ao ano de 2013. Assim, obteve-se um aumento de geração por produção que ocorreu considerando 2013 até 2021 de 67%.

4.3.3 Considerações e discussão

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que realmente houve melhoria dos indicadores de resíduos sólidos até um determinado período. Deve-se considerar um importante fator que a equipe de meio ambiente da empresa aponta como principal responsável pelos aumentos no indicador: uma nova fábrica foi introduzida à planta de Curitiba em 2018, causando forte impacto na geração de resíduos da empresa. Esta nova fábrica também trouxe novos produtos, cuja

produção era considerada grande geradora de resíduos, conforme relatado nos relatórios de meio ambiente disponibilizados pela especialista.

De fato, analisando os gráficos, percebe-se que 2018 foi o ponto de expressivo aumento em relação aos anos anteriores. Esta nova fábrica que foi anexada à planta teve que passar por todo processo de implementação do *Lean Manufacturing* que já havia sido implementado nos processos de todo o resto da fábrica desde 2013. Além disso, essa fábrica realmente possuía uma grande geração de resíduos no local em que se situava anteriormente, como já mencionado. Vale ressaltar ainda que a inclusão dessa fábrica causou toda uma reestruturação da planta, impactando os indicadores de resíduos sólidos de todos os setores. Dessa forma, o time teve que se adaptar a esta nova realidade e deve-se considerar 2 momentos nesta pesquisa: um primeiro momento que compreende 2013 a 2017 e um segundo de 2018 até 2021.

Considerando este fator que aconteceu em 2018, focou-se então no primeiro momento visto que o foco deste estudo é entender se há relação entre a implementação do *Lean Manufacturing* e os indicadores ambientais de uma indústria. No quadro a seguir, tem-se a comparação percentual de cada um dos anos em relação ao início do período analisado:

Quadro 1 - Comparação dos indicadores em relação a 2013

	Geração total	Geração/produção
2014	-8%	-4%
2015	-28%	-11%
2016	-32%	-14%
2017	-37%	-8%

Fonte: autoria própria (2022)

Nota-se que houve uma expressiva melhora na geração total de resíduos durante este período e uma melhora um pouco mais sutil, mas ainda assim relevante na geração de resíduos por produção. Esse período de 2013 a 2017 corresponde à implementação das ferramentas Lean apresentadas na contextualização do histórico de implementação do *Lean Manufacturing* realizado na planta.

É possível identificar que, conforme a implementação do sistema *Lean* progride, de acordo com as quatro fases aqui apresentadas, há uma melhoria em ambos os indicadores analisados. Sendo assim, é possível afirmar que existe sim uma relação entre a adoção do sistema de produção *Lean Manufacturing* e o impacto

ambiental que a empresa gera com a sua produção, sendo uma melhoria quanto à geração de resíduos sólidos.

Entretanto, com este estudo não se pretende afirmar que apenas a implementação do *Lean Manufacturing* é o suficiente para que ocorra uma melhoria do desempenho ambiental de uma companhia. Além disso, houve iniciativas focadas em meio ambiente para além do *Lean*, mas não se teve acesso a informações sobre quais ferramentas específicas de meio ambiente foram utilizadas.

Ademais, por terem existido esse esforço para uma cultura de Produção mais Limpa em ambiente que já estava passando por implementação de ferramentas que estimulam a melhoria contínua e excelência de processos, essa melhoria passou a significar também pensar toda a produção sempre com o objetivo de se encaixar com a consciência ambiental adquirida.

Entretanto, observa-se que apenas adotar ferramentas *Lean* não é o suficiente para atingir melhoria de aspectos ambientais e que há fatores que podem ser mais significativos neste quesito, à exemplo do caso analisado neste estudo em que a inclusão de outra fábrica à planta resultou em piora dos indicadores de toda a planta, mesmo com técnicas de *Lean Manufacturing* já devidamente implementadas e certificadas por órgãos conceituados e com iniciativas de meio ambiente ocorrendo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho investigou o desempenho ambiental de uma indústria de alimentos durante e após a implementação de práticas de *Lean Manufacturing*. Sendo assim, o objetivo geral deste estudo foi atingido visto que se observou uma alteração nos indicadores de resíduos sólidos da empresa com a adoção do *Lean*.

A metodologia aplicada foi satisfatória para a obtenção dos objetivos propostos. Houve a identificação das práticas de produção anterior à implementação do *Lean*, tratando-se de uma produção empurrada e com baixa documentação, comparando-se aos períodos atuais. Também foram identificadas quais as ferramentas de *Lean* foram adotadas pela empresa por meio de entrevista com especialista em *Lean* da planta e análise de documentação fornecida por ele. Percebe-se que se destacam as ferramentas: TPM (destacando-se manutenção autônoma e SMED), *gemba kaizen*, 5S, Mapa de Fluxo de Valor e gestão da cadeia de suprimentos para produção *just-in-time*.

Ademais, avaliou-se os indicadores de meio ambiente, mais especificamente de resíduos sólidos, utilizados pela empresa. Os indicadores principais foram: geração de resíduos totais e a geração de resíduos por produção, cujos cálculos seguem as normas ISSO 14.031, NBR 10.004 e as diretrizes de ecoeficiência, sendo assim considerados adequados para uso no presente estudo.

Por fim, atingiu-se também o último objetivo proposto, a saber, analisar comparativamente o impacto ambiental durante e após o período de adoção do *Lean*, utilizando com base os indicadores de resíduos sólidos aqui apresentados. Concluiu-se que a adoção do *Lean* foi acompanhada de melhoria nos indicadores analisado até determinado ponto. Isso porque, como comentado anteriormente, a adição de uma nova fábrica à planta ocasionou um resultado mais significativo sobre os indicadores do que apenas a adoção do *Lean*.

Para estudos futuros, sugere-se realizar uma análise mais focada na fábrica adicionada em 2018, para entender os motivos de seu desempenho ambiental ter afetado tão significativamente toda a geração de resíduos da planta.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10.004: 2004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 14.031: 2004**: gestão ambiental – avaliação de desempenho ambiental - diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.

AZZONE, G.; MANZINI, R. Measuring strategic environmental performance. **Business Strategy and the Environmental**, v. 3, p. 1-14, 1994.

BOYLE, C. Education, sustainability and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v 7, p. 83- 87, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Legislação ambiental básica, de maio de 2008**. Consolida atuação referente a assuntos relacionados ao meio ambiente no Brasil. Disponível em:
<https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_conjur/_arquivos/108_12082008084425.pdf>. Acesso em 21 de setembro de 2020.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008

DIESTE, M; PANIZZOLO, R.; GARZA-REYES, J. A.; ANOSIKE, A. The relationship between lean and environmental performance: practices and measures. **Journal of Cleaner Production**, v. 224, p. 120-131, 2019.

DÜES, C. M; TAN, K. H; LIM, M. Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 93-100, 2013.

FARIAS, A. D.; MEDEIROS, H. R. D.; FREITAS, L. S. Contribuições da P+L para a gestão de resíduos sólidos das atividades produtivas da construção civil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, nº1, p. 366- 391, 2015.

FONTES, C. O.; ALVES, J. F.; TEIXEIRA, C. E. Minimização de Resíduos em um Processo de Manutenção de Aeronaves: Abordagens Seis Sigma, Lean Manufacturing e Produção mais Limpa. In: **4th International Workshop Advances**

in **Cleaner Production**, 2013, São Paulo. Disponível em <http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/6A/5/fontes_co_et_al_work.pdf>. Acesso em 29 de setembro de 2020.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 6, p. 171-179, 1998.

HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A. C. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Revista Produção Online**, ABEPRO/UFSC, v. 7, nº 3, novembro de 2007. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo>>. Acesso em 21 de setembro de 2020.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2015.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: total productive maintenance**. MN, USA: Productivity Press, 1988.

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

PEREIRA, R.; MISAGHI, M.; HURTADO, A. Estudo comparativo entre o Lean Manufacturing versus a Produção mais Limpa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. **Coletânea brasileira de Engenharia de Produção**. Itajubá/MG: Stellata Editora, 2019. v. 5, p. 191- 213.

RAUPP, F.; SELIG, P. M.; SORIANO-SIERRA, E. J. Determinação de indicadores de desempenho ambiental para as indústrias sucroalcooleiras. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, nº 11, p. 47- 68, 2015.

UNEP. **Resource efficient and Cleaner Production**. 1990. Disponível em <<http://www.unep.fr/scp/cp/>>. Acesso em: 8 de setembro de 2020.

VERFAILLIE, H.A.; BIDWELL, R. B., **Measuring Eco-Efficiency**: a guide to reporting company performance. Geneva, SWI: World Business Council for Sustainable Development, 2000.

WERNER, E. M.; BACARJI, A. G., HALL, R. J. Produção mais Limpa: conceitos e definições metodológicas. **INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, v. 3, nº 2, p. 46- 58, 2011.

WILSON, L. **How to implement Lean Manufacturing**. NY, USA: McGraw Hill Professional, 2009.