



A INTEGRAÇÃO DO LEAN GREEN E DA ECONOMIA CIRCULAR PARA A SUSTENTABILIDADE DA ORGANIZAÇÃO

ANA SOFIA PEREIRA DE SOUSA

outubro de 2023

A INTEGRAÇÃO DO LEAN GREEN E DA ECONOMIA CIRCULAR PARA A SUSTENTABILIDADE DA ORGANIZAÇÃO

Ana Sofia Pereira de Sousa

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

A INTEGRAÇÃO DO LEAN GREEN E DA ECONOMIA CIRCULAR PARA A SUSTENTABILIDADE DA ORGANIZAÇÃO

Ana Sofia Pereira de Sousa

1202069

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá e coorientação da Professora Mestre/Especialista Mónica Cardoso.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

AGRADECIMENTOS

Ao longo de todo o trabalho desenvolvido para a presente dissertação, são vários os agradecimentos a fazer, pessoas que diretamente e indiretamente fizeram com o que o presente trabalho fosse possível.

Ao ISEP, um especial agradecimento ao orientador, professor José Carlos Vieira de Sá, e coorientadora professora Mónica Cardoso pela disponibilidade e atenção demonstrada ao longo da orientação prestada, não desvalorizando outros docentes que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradecer também à Yazaki Saltano Ovar por todo o acompanhamento e disponibilidade prestados, em especial à orientadora Dra. Raquel Laranjeira, que desde o início acompanhou o trabalho de perto, mostrando-se sempre disponível para todas as questões.

Aos colegas de trabalho, especialmente da secção onde o trabalho foi desenvolvido (moldes injeção), obrigada a todos pela cooperação.

Por fim e não menos importante, agradecer a toda a família e amigos que foram um pilar essencial para a concretização da presente dissertação, desde o apoio, suporte à motivação, um especial obrigado.

Uma vez mais, a todos um obrigada.

RESUMO

Atualmente, a redução de desperdícios é cada vez mais um fator de diferenciação para as organizações. Com esse objetivo em mente surgiu então a filosofia Lean, eficaz em reduzi-los. No entanto, torna-se ainda importante preservar o meio ambiente para garantir a sustentabilidade dos recursos a longo prazo. É desta forma, que surge o conceito de Lean Green, com foco na preservação do meio ambiente. Ainda relacionado com o meio ambiente, entra o conceito de Economia Circular, isto é, a produção segue um ciclo, em que matérias-primas e produtos, após consumidos, retornam ao meio ambiente e podem ser reaproveitados para retornar ao ciclo produtivo. Desta forma, garante-se a sustentabilidade da organização através dos pilares social, económico e ambiental, preservando desta forma os recursos futuros para uso e necessidades das gerações futuras.

Assim, o presente trabalho realizado na empresa Yazaki Saltano, empresa que se dedica à produção de componentes para o setor automóvel, tem como principal objetivo compreender como os conceitos de Lean e Economia Circular interferem na Sustentabilidade da organização no que refere às dimensões: social, ambiental e económica. Para a presente dissertação, foi utilizada a metodologia Action Research, na qual posteriormente à seleção do tema, foi feita uma recolha de informação, com base em publicações de autores existentes, com recurso às bases de dados Web of Science e Science Direct. De seguida, foi feita a seleção da informação utilizando a metodologia PRISMA. Tendo por base a análise de um projeto da organização que consiste no reaproveitamento de matéria prima para a produção de novos produtos, com o objetivo de auxiliar o processo produtivo, foi possível verificar que a integração dos conceitos Lean Green e Economia Circular, de facto pode impactar a sustentabilidade nas suas dimensões económica e ambiental, sendo que no entanto e como principal limitação encontrada, não foi possível nesta fase em que o projeto se encontra quantificar o impacto social, pelo que este pode constituir numa melhoria e proposta de trabalho a realizar no futuro.

PALAVRAS-CHAVE

Lean; Lean Green; Economia Circular; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Currently, waste reduction is a big differentiating factor for organizations with this objective in mind, the Lean philosophy emerged, effective in reducing them. However, it is still important to preserve the environment to ensure the sustainability of resources in the long term. This is how the concept of Lean Green emerges, focusing on preserving the environment. Still related to the environment, the concept of Circular Economy comes into play, that is, production follows a cycle, in which raw materials and products, after consumed, return to the environment, and can be reused to return to the production cycle. In this way, the sustainability of the organization is guaranteed, preserving future resources for the use and needs of future generations.

Therefore, the present work carried out at the company Yazaki Saltano, a company dedicated to the production of components for the automotive sector, has as its main objective to understand how the concepts of Lean and Circular Economy interfere with the Sustainability of the organization in terms of dimensions: social, environmental, and economic. For this dissertation, the Action Research methodology was used, in which, after selecting the topic, information was collected, based on publications by existing authors, using the Web of Science and Science Direct databases. Next, the information was selected using the PRISMA methodology.

Based on the analysis of an organizational project that consisting in the reuse of raw materials for the production of new products, with the aim of supporting the production process, it was possible to verify that the integration of Lean Green and Circular Economy concepts can indeed have an impact on sustainability in its economic and environmental dimensions, however, and as the main limitation found, it was not possible at this stage in which the project is to quantify the social impact, so this could constitute an improvement and proposal for work to be carried out in the future.

KEYWORDS

Lean; Lean Green; Circular Economy; Sustainability.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
1.2. OBJETIVOS	18
1.3. METODOLOGIA.....	18
1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO	21
1.5. EMPRESA	22
1.5.1. MISSÃO, VISÃO E VALORES DA EMPRESA.....	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1. ANÁLISE E SELEÇÃO DA INFORMAÇÃO	24
2.2. LEAN	26
2.2.1. LEAN GREEN	30
2.3. ECONOMIA CIRCULAR	32
2.3.1. RELAÇÃO ENTRE ECONOMIA CIRCULAR E LEAN GREEN	34
2.4. SUSTENTABILIDADE.....	36
2.4.1. RELAÇÃO ENTRE LEAN GREEN E SUSTENTABILIDADE.....	38
2.4.2. SUSTENTABILIDADE NA YAZAKI	39
2.4.3. QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE	40
2.4.3.1 DESEMPENHO AMBIENTAL	40
2.4.3.2 DESEMPENHO ECONÓMICO.....	41
2.4.3.3 DESEMPENHO SOCIAL	41
2.4.3.4 INDICADORES DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE.....	42
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO	46
3.1. CASO DE ESTUDO: DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DE MATERIAL	46
3.1.1. DESCRIÇÃO	46
3.1.2. PROCESSO PRODUTIVO DOS COPOS.....	49
3.1.3. SELEÇÃO DA MATÉRIA- PRIMA A REUTILIZAR.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1. IMPACTO DA ECONOMIA CIRCULAR E DO LEAN GREEN NA SUSTENTABILIDADE	57
4.1.1. IMPACTO NO PILAR ECONÓMICO DA SUSTENTABILIDADE	58
4.1.2. IMPACTO NO PILAR AMBIENTAL DA SUSTENTABILIDADE	61
4.1.3. IMPACTO NO PILAR SOCIAL DA SUSTENTABILIDADE	64
4.2. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	66
4.2.1. RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	66

4.2.2. RESULTADOS DO CASO DE ESTUDO (IMPACTO NOS TRÊS PILARES DA SUSTENTABILIDADE).....	68
5. CONCLUSÃO	69
5.1. CONCLUSÕES FINAIS	69
5.2. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXO A	80
ANEXO B	81
ANEXO C	82
ANEXO D	83
ANEXO E	84
ANEXO F	85
ANEXO G	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico de Gantt.....	18
Figura 2- Etapas Metodologia Action Research	19
Figura 3- Aplicação da Metodologia Action Research.....	20
Figura 4- YAZAKI SALTANO Ovar	22
Figura 5- Timeline Fundação YAZAKI Portugal	22
Figura 6- Missão, Visão e Valores – YAZAKI	23
Figura 7- VOSviewer: Interligação dos conceitos Lean, Economia Circular e Sustentabilidade no Web of Science	24
Figura 8- Diagrama PRISMA	25
Figura 9- 5S.....	27
Figura 10- Símbolos utilizados no VSM	29
Figura 11- Evolução das estratégias de manufatura	33
Figura 12- Objetivos Lean Green e Economia Circular.....	34
Figura 13- Soluções verdes com base na implementação do Lean Green e soluções de Economia Circular no nível operacional.	35
Figura 14- Relação entre os três pilares da sustentabilidade, (Viles et al. 2022).	37
Figura 15- Três Pilares da Sustentabilidade	38
Figura 16- Três Pilares Estratégicos.....	39
Figura 17- Conector.....	46
Figura 18- Gitos	47
Figura 19- Copos gerados da reciclagem de matéria-prima	47
Figura 20- Acondicionamento de terminais.....	48
Figura 21- Teste de duas matérias-primas.....	49
Figura 22- Etapas processo de injeção	50
Figura 23- Gitos recolhidos do processo	51
Figura 24- Detalhe da figura 23.....	51
Figura 25- Máquina de trituração de gitos.....	51
Figura 26- Detalhe da figura 25.....	51
Figura 27- Máquina de mistura de gitos + matéria-prima virgem	52
Figura 28- Detalhe da figura 27.....	52
Figura 29- Máquina de injeção.....	53
Figura 30- Detalhe da figura 29.....	53
Figura 31- Molde de injeção.....	53
Figura 32- Famílias de materiais.....	54
Figura 33- Propriedades relevantes dos materiais.....	55
Figura 34- Dimensões do Gito	58
Figura 35- Dimensões do Diâmetro do Copo	59
Figura 36- Custo Fornecedor Versus YAZAKI.....	60
Figura 37- Consumos por matéria-prima (%).....	61
Figura 38- Sucata PBT (%).....	62
Figura 39- Sucata PP (%).....	62
Figura 40- Expansão do projeto	64

Figura 41- Impacto Pilar Social	65
Figura 42- Objetivos comuns Lean Green e Economia Circular	67
Figura 43- Metas Sustentabilidade YAZAKI	80
Figura 44- Fluxo Processo de Injeção	81
Figura 45- Ficha Técnica PP	82
Figura 46- Ficha Técnica PBT - Propriedades Mecânicas	83
Figura 47- Ficha Técnica PBT - Propriedades Térmicas e Elétricas.....	84
Figura 48- Ficha Técnica PBT - Propriedades de Temperatura e Flamabilidade	85
Figura 49- Ficha Técnica PBT - Propriedades de Processamento.....	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Estrutura do Trabalho.....	21
Tabela 2- Impacto da aplicação do SMED nas organizações.....	27
Tabela 3- Caso de estudo Integração Lean e Green.....	30
Tabela 4- Impacto da Implementação do Lean Green.....	31
Tabela 5- Indicadores Pilar Ambiental	42
Tabela 6- Indicadores Pilar Social.....	44
Tabela 7- Indicadores Pilar Económico	45
Tabela 8- Propriedades PBT e PP	56
Tabela 9- Consumos médios anuais	59

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

CO ₂	Dióxido de Carbono
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KG	Quilograma
KHW	Quilowatt Hora
KPI	Key Performance Indicator
OEM	Fabricante Original do Equipamento
P. Porto	Instituto Politécnico do Porto
PBT	Polibutileno Tereftalato
PP	Polipropileno
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
SMED	Single Minute Exchange of Die
SSCM	Gestão da Cadeia de Abastecimento Sustentável
TBL	Triple Bottom Line
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping
YEL	Yazaki Europe Ltd.

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
---	-------------

1. INTRODUÇÃO

Num contexto introdutório ao presente trabalho, este capítulo traz uma abordagem ao tema da dissertação assim como aos objetivos implícitos para a realização do mesmo.

Para além da contextualização ao tema, inclui também a apresentação da empresa onde o trabalho foi desenvolvido, bem como a descrição da metodologia utilizada na conceção da presente dissertação.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos dias que correm, encontrámo-nos numa era em que devido à expansão do mercado, especialmente no que diz respeito ao setor industrial, a procura do fator variedade, qualidade e custo dos produtos por parte do cliente, se torna cada vez mais num fator de diferenciação para as organizações. Para além disso, fatores globais, como as alterações climáticas e escassez de recursos são aspetos que trarão para as organizações, essencialmente para a sua sobrevivência a longo prazo, um grande impacto negativo caso não haja uma política de responsabilidade social e ambiental bem incrementada (Tasdemir & Gazo, 2018).

A procura progressiva pelos recursos naturais, o aumento da poluição ambiental e o aumento do aquecimento global levam a adoção de práticas que promovam o bem estar futuro, tanto das pessoas como do meio ambiente (Murray et al., 2017). Desta forma, surgiu o conceito de Economia Circular, com foco na eficiência da utilização dos recursos disponíveis, nomeadamente resíduos industriais e urbanos (Taleb & Al Farooque, 2021) que traçam o caminho para soluções sustentáveis (Johansson & Henriksson, 2020).

De modo a colocar em prática o conceito de Economia Circular, tem de existir por parte das organizações uma adaptação no que diz respeito à mudança dos seus processos produtivos atuais, adotando novas estratégias tais como a redução do desperdício, reutilização e reciclagem dos produtos (Agyabeng-Mensah et al., 2021) de forma a garantir um processo de produção cíclico e regenerativo. Aliado à redução do desperdício, surge a filosofia Lean, focada na diminuição e até mesmo remoção dos desperdícios presentes na cadeia de abastecimento e processo produtivo de modo a minimizar custos, melhorar a qualidade e acrescentar valor para os clientes (Duarte & Cruz-Machado, 2017). Incorporado no conceito da filosofia Lean, existe o conceito Lean Green, uma filosofia que tem como foco a eliminação dos desperdícios, sendo neste caso os desperdícios relacionados com o meio ambiente (Verrier et al., 2016). Assim sendo, com a adoção do Lean e do Lean Green, as organizações podem assim estabelecer uma posição ecológica, que pode potencializar uma redução dos seus custos e um aumento dos seus ganhos financeiros (Fercoq et al., 2016), abordando assim um dos pilares da sustentabilidade.

Desta forma, seria viável que com a integração dos conceitos Lean e Green, fosse possível haver impacto nos três pilares da sustentabilidade: ambiental, económico e social (Abualfaraa et al., 2020), o que segundo a literatura parece não estar ainda totalmente comprovado.

1.2. OBJETIVOS

Conforme descrito na secção 1.1, existem ainda lacunas no que diz respeito à integração entre os conceitos Lean Green, Economia Circular e Sustentabilidade.

Apesar de serem conceitos que aparentemente estão interligados pela sua natureza promovendo a redução do desperdício bem como preservação de recursos ambientais, de acordo com a literatura é possível verificar que a sua interligação não está ainda totalmente clarificada, especialmente em relação ao impacto que podem trazer para o desempenho da empresa.

Assim, de acordo com o tema da presente dissertação cuja questão de investigação é avaliar a existência de integração dos conceitos de Economia Circular e Lean Green e de que forma essa integração impacta na Sustentabilidade da organização, surgem algumas questões secundárias que se pretende que ao longo do desenvolvimento do trabalho sejam respondidas:

- De que forma se relaciona o conceito de Economia Circular com os três pilares da Sustentabilidade?
- Qual o impacto do Lean green e da Economia Circular no ciclo de vida do produto?

1.3. METODOLOGIA

Numa primeira fase, de modo a fazer um planeamento do trabalho a desenvolver na presente dissertação, foi elaborado um gráfico de gantt, representado na figura 1 e que reflete a alocação das tarefas a realizar bem como o tempo requerido para a concretização das mesmas.

GRÁFICO GANTT

	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
1	Dissertação de Mestrado	246 dias?	Seg 19/09/22	Sex 25/08/23	
2	Seleção do tema	6 dias?	Seg 19/09/22	Seg 26/09/22	
3	Estabelecimento de objetivos e questões de investigação	5 dias?	Ter 27/09/22	Seg 03/10/22	2
4	Revisão Bibliográfica	69 dias?	Ter 04/10/22	Sex 06/01/23	3
5	Aplicação prática da literatura: Caso de estudo	125 dias?	Dom 08/01/23	Qui 29/06/23	4
6	Análise Crítica e Conclusões	15 dias	Sex 30/06/23	Qui 20/07/23	5
7	Melhorias e Trabalho Futuro	26 dias	Sex 21/07/23	Sex 25/08/23	6

Figura 1- Gráfico de Gantt

Após o planeamento das atividades a desenvolver na dissertação, foi selecionada a metodologia a ser utilizada, a metodologia Action Research (Investigação-Ação).

O que melhor caracteriza esta metodologia é o facto de esta ser um método de pesquisa prático e com foco na resolução de problemas reais.

Esta metodologia incorpora ainda um conjunto de metodologias de investigação, que incluem Ação (ou mudança) e Investigação (ou compreensão) simultaneamente, cujo processo é cíclico, alternando entre Ação e Reflexão Crítica, conforme é possível observar na figura 2.

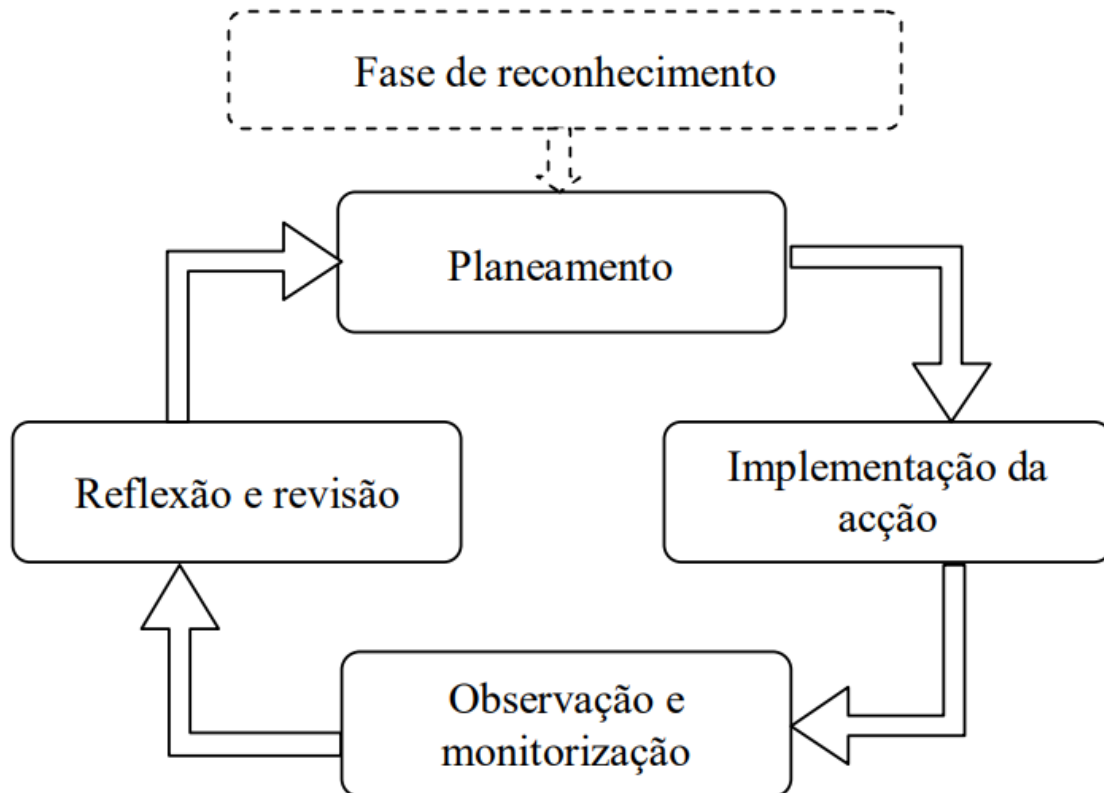


Figura 2- Etapas Metodologia Action Research

De acordo com o autor Gilbourne (1999, 2000), antes de iniciar o ciclo, deve existir conforme representado na figura 2 acima, uma fase de reconhecimento, isto é, antes de se iniciar e planejar as ações, deve existir por parte do investigador um profundo estudo sobre o contexto e propósito da investigação.

Alinhado o propósito da investigação, o ciclo tem início com o planeamento da matéria desenvolvida, seguido pela implementação das mesmas.

Após a fase de implementação é imprescindível que haja uma monitorização do que foi implementado.

Por fim, existe um momento de reflexão e revisão de forma a melhorar e alterar para o novo ciclo.

No que se refere à aplicação prática desta metodologia, na figura 3 encontram-se as etapas descritas de acordo com as atividades da presente dissertação.

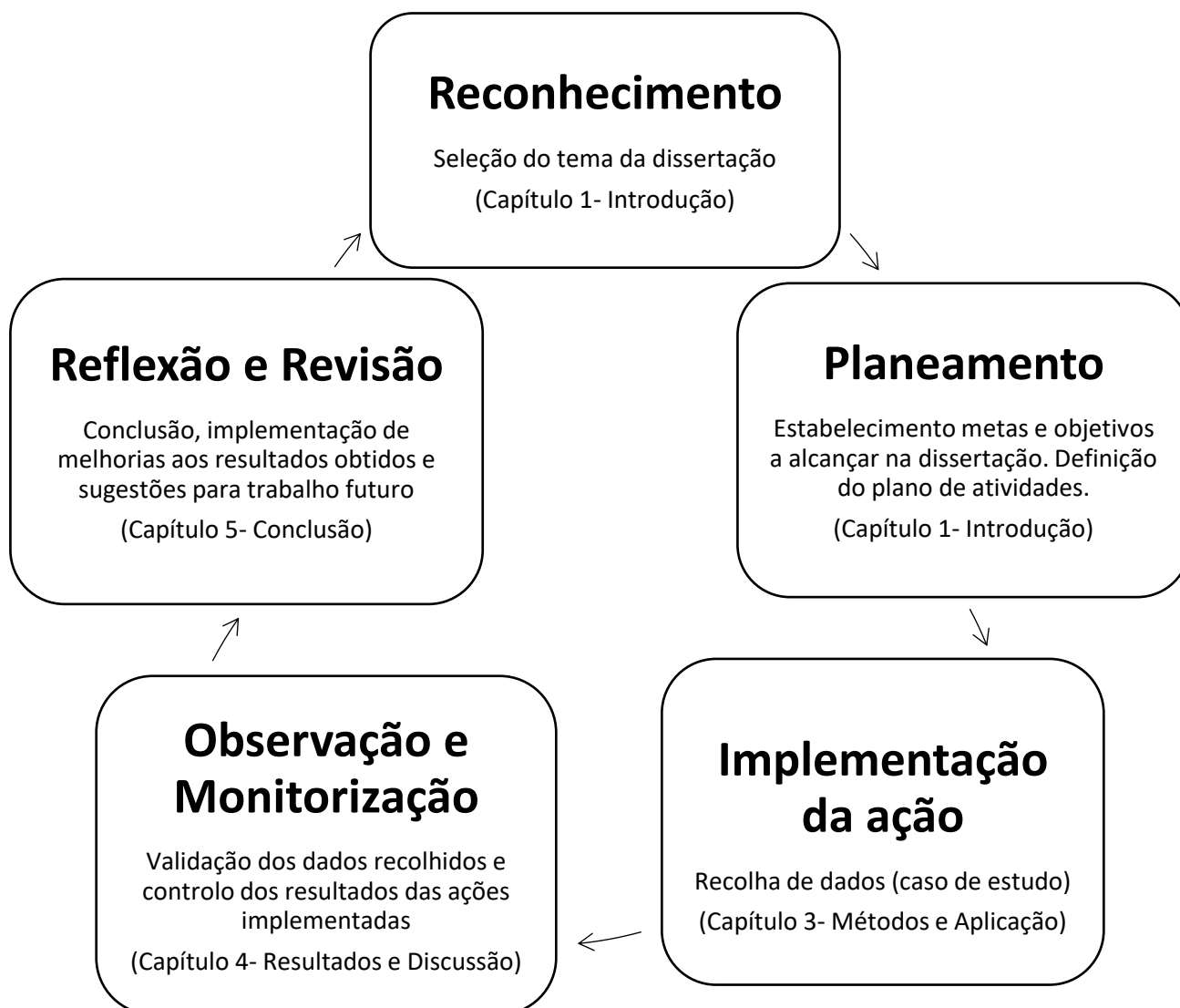


Figura 3- Aplicação da Metodologia Action Research

1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório encontra-se dividido conforme os capítulos descritos na tabela 1.

Tabela 1- Estrutura do Trabalho

<u>Introdução</u>	
Capítulo 1	Descrição do objetivo da dissertação bem como planeamento das atividades a desenvolver e descrição da empresa onde o trabalho incidiu.
<u>Revisão Bibliográfica</u>	
Capítulo 2	Contém a revisão dos conceitos a abordar ao longo do trabalho por intermédio na publicação e sustentação de ideias e pontos de vista de um leque alargado de autores.
<u>Métodos e Aplicação</u>	
Capítulo 3	Apresentação da metodologia e descrição do caso de estudo a ser analisado ao longo da dissertação.
<u>Resultados e Discussão</u>	
Capítulo 4	Análise dos resultados do caso de estudo apresentado no capítulo 3.
<u>Conclusões</u>	
Capítulo 5	Apresentação das conclusões do trabalho desenvolvido em relação aos objetivos propostos, limitações e trabalho futuro.
<u>Referências Bibliográficas</u>	
Descrição das fontes mais relevantes para a realização do trabalho	
<u>Apêndice</u>	
<u>Anexos</u>	

1.5. EMPRESA

O presente trabalho de dissertação foi realizado na empresa YAZAKI SALTANO situada em Ovar (figura 4). A YAZAKI é uma empresa dedicada à produção de cabelagens elétricas, distribuição de energia e produtos de controlo, conectores, sistemas de informação ao motorista, sensores e produtos para veículos híbridos e elétricos aplicáveis ao setor automóvel. A YAZAKI fornece componentes para OEMs (Fabricante Original do Equipamento) em todo o mundo, respeitando e cumprindo os requisitos dos clientes. Os seus produtos fornecem uma ampla gama de sistemas de conexão flexíveis projetados para atender a uma grande variedade de veículos.



Figura 4- YAZAKI SALTANO Ovar

A YAZAKI foi fundada no Japão e mais tarde disseminou-se pela Europa.

Na figura 5 encontra-se o timeline da fundação em Portugal, bem como das secções que constituem a YAZAKI SALTANO Ovar.

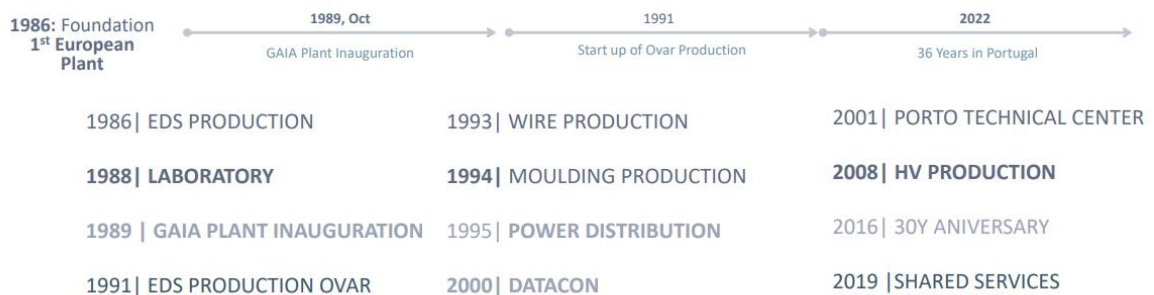


Figura 5- Timeline Fundação YAZAKI Portugal

Para além de ser uma empresa logicamente focada no seu nível de produção e com a qualidade dos seus produtos, preza igualmente pela sustentabilidade e preocupação com o meio ambiente.

Aliás, no projeto de novos veículos existem alguns aspetos a ter em conta:

- Melhorar a capacidade de reutilização, reciclagem e recuperação para minimizar o impacto no processo de fim de vida;
- Redução de substâncias preocupantes para eliminar riscos à saúde humana e ao meio ambiente;
- Aumentar a eficiência de combustível para fornecer veículos com níveis de emissão mais baixos.

Aliada à importância com o meio ambiente está também a preocupação com a redução do desperdício de modo a garantir um futuro sustentável, conforme referido pelo diretor da controladoria, Redouane Kharibach: “Na Yazaki Europe, nos concentramos em equilibrar os interesses de todas as partes interessadas, com as nossas próprias metas ambiciosas e crescimento saudável e sustentável - para um futuro comum de sucesso”.

1.5.1. MISSÃO, VISÃO E VALORES DA EMPRESA

No que diz respeito à missão, visão e valores, estes constituem os três elementos essenciais para o planeamento estratégico de uma organização.

Relativamente à YAZAKI SALTANO Ovar, na figura 6 encontram-se estes três elementos: missão, visão e valores.

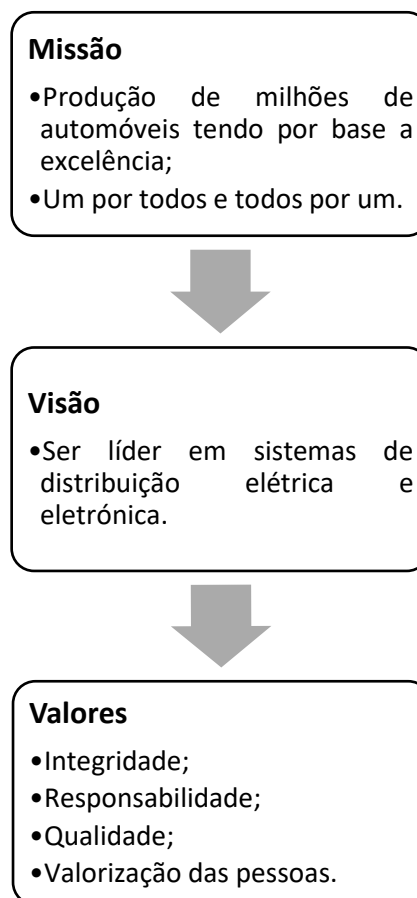


Figura 6- Missão, Visão e Valores – YAZAKI

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo dedicado à revisão bibliográfica, irá constar a definição e análise da temática em estudo (integração do Lean Green e da Economia Circular para a sustentabilidade da organização com base na literatura).

2.1. ANÁLISE E SELEÇÃO DA INFORMAÇÃO

Relativamente à revisão da literatura que se insere na primeira etapa de diagnóstico da metodologia acima referida (Action Research), a recolha da informação teve maioritariamente por base a utilização das plataformas Web of Science e Science Direct disponibilizadas pelo ISEP.

Numa primeira fase, foram colocados na ferramenta de pesquisa (Web of Science) os três conceitos em estudo: Lean, Economia Circular e Sustentabilidade, tendo-se obtido como cruzamento dos três conceitos, 52 resultados de pesquisa.

Ao obter este número de resultados, é de notar que ainda não existe muita literatura e por sua vez muitos estudos acerca das temáticas em causa, o que faz com que a análise da informação existente tenha de ser rigorosa, no sentido de perceber por exemplo se é informação recente ou até mesmo se tem relevância na sua área de atuação para o presente trabalho. Desta forma, para observar o cruzamento destas temáticas com outras áreas ou mesmo como estas se interligam entre si, foi exportada a base de dados anteriormente obtida (52 resultados) para o VOSviewer. Ao criar o mapa, obteve-se a pretendida ligação, conforme se pode observar na figura 7.

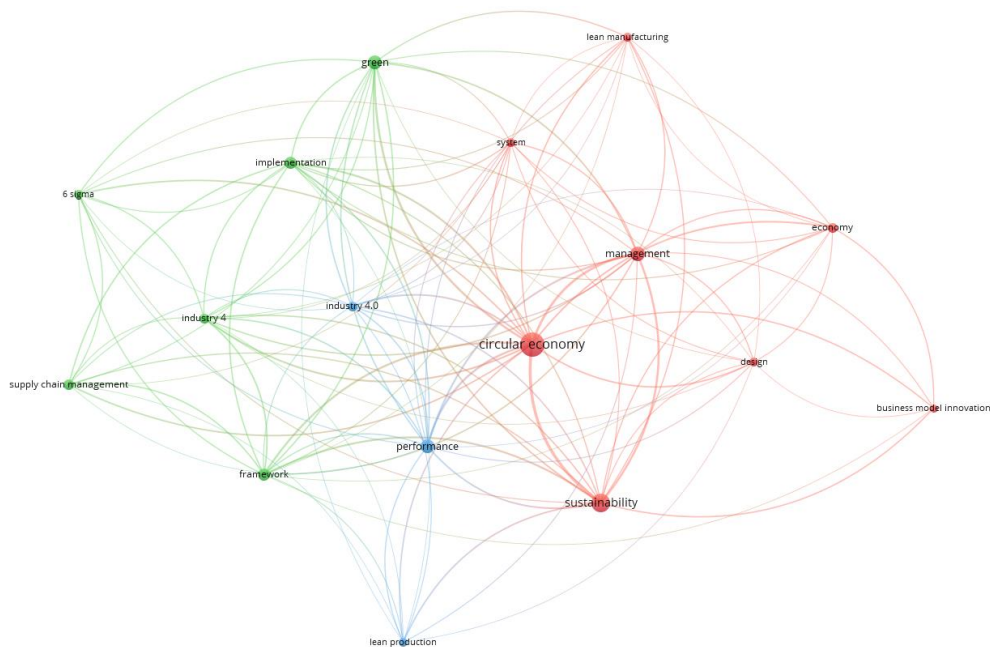


Figura 7- VOSviewer: Interligação dos conceitos Lean, Economia Circular e Sustentabilidade no Web of Science

Conforme se pode observar na figura acima, existe uma aparente ligação entre os temas, apesar de não estarem diretamente ligados entre si, têm ligação por meio de outras áreas, entre as quais a indústria 4.0 entre outras conforme é possível verificar pela figura 7.

No entanto e tal como foi referido acima, de modo a fazer uma recolha de informação mais rigorosa foi feita uma pesquisa numa outra plataforma, o ScienceDirect.

Ao fazer a pesquisa pelos três conceitos, foram obtidos 1325 resultados, tornando-se assim excessivo para analisar.

Posto isso, com o objetivo de filtrar as publicações mais relevantes e que com mais valor para o trabalho em questão, foram aplicados alguns critérios de seleção tendo por base a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) de modo a fazer uma seleção e tratamento da informação anteriormente recolhida, conforme se pode observar na figura 8.

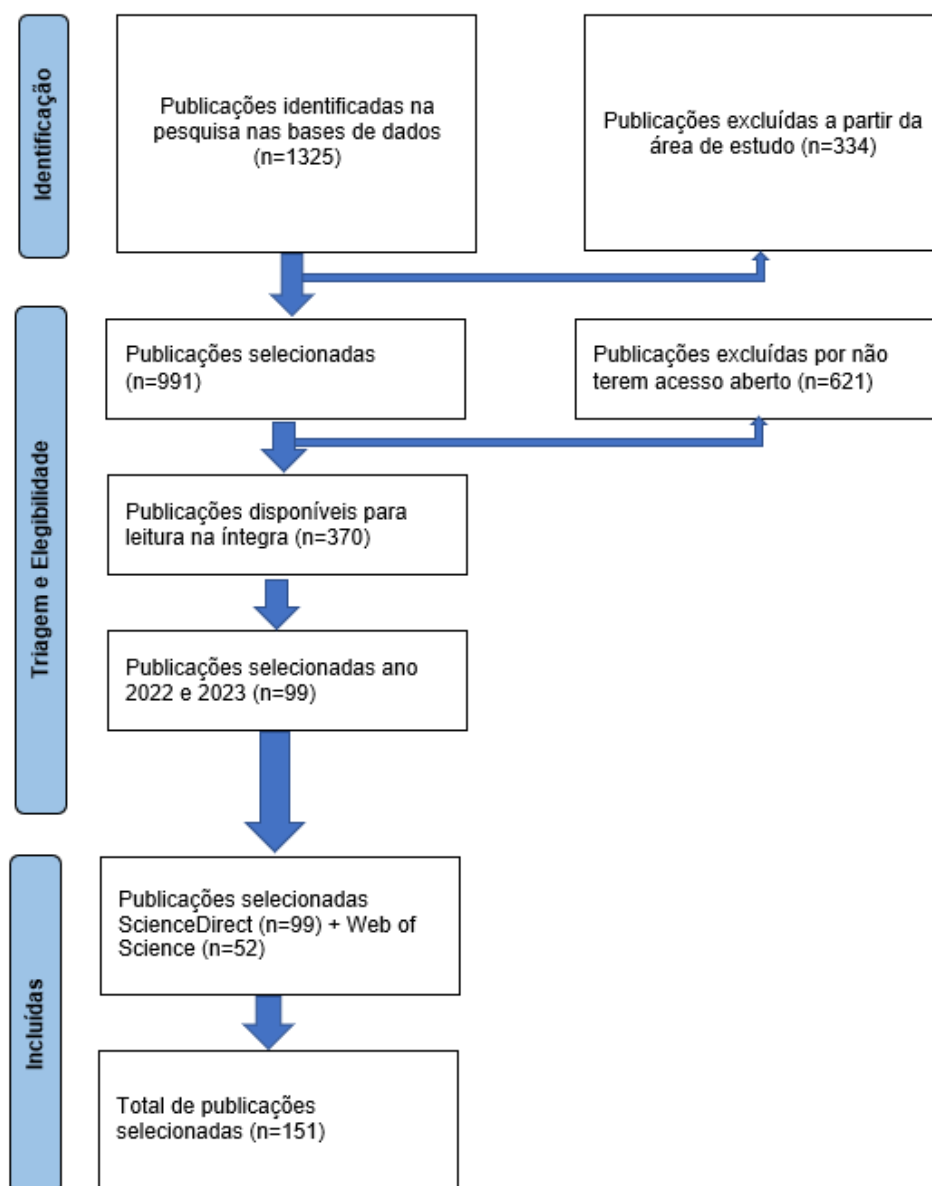


Figura 8- Diagrama PRISMA

De acordo com a figura 8, no primeiro campo foram identificadas as publicações da integração dos três conceitos em estudo, na base de dados Science Direct.

Da integração destes três temas surgiram 1325 publicações, das quais 334 foram excluídas por não estarem relacionadas com a área de estudo, restando então 991 publicações.

No segundo campo (Triagem e Elegibilidade) das 991 publicações disponíveis, 621 foram excluídas por não estarem acessíveis na integra para consulta, ficando assim com 370 publicações. No entanto, devido ao facto de ser ainda um número excessivo de publicações e sendo algumas já antigas, foi aplicado um último critério de seleção, o ano de publicação, obtendo assim 99 publicações.

Por fim, foram incluídas estas 99 publicações provenientes da base de dados Science Direct e as 52 publicações provenientes do Web of Science, chegando assim a um total de 151 publicações disponíveis, as quais foram analisadas e selecionadas as informações de acordo com a relevância para a presente dissertação tendo sido utilizadas apenas cerca de 60 publicações do universo das 151 publicações disponíveis.

2.2. LEAN

A filosofia Lean proveniente e enraizada na Toyota Production System (TPS) , pertencente à Toyota Motor Company, uma empresa do setor automóvel (Womack et al., 1990), agrega na sua integra o fator qualidade versus tempo versus custo, aliado à eliminação do desperdício, aumentando assim a competitividade entre as organizações.

O termo MUDA é um termo japonês que significa desperdício, ou seja, qualquer atividade que não gera valor ao processo (Azevedo et al., 2019).

Associada à filosofia Lean existem várias ferramentas que podem ser utilizadas para a sua implementação (Sivaraman et al., 2020), posto isso, foram selecionadas algumas dessas ferramentas de acordo com a temática do trabalho, tais como:

➤ 5S's

Os 5S são uma metodologia Lean que tem como propósito a criação de ambientes de trabalho bem organizados e seguros, proporcionando um aumento da qualidade e otimização da produtividade e organizando os processos de fabrico de forma a eliminar desperdícios.

De acordo com os autores Jiménez et al. (2015), os 5S possuem uma ordem de implementação que deve ser respeitada, isto porque conforme é possível observar na figura 9 abaixo, os três primeiros sentidos (Seiri, Seiton e Seizo) são operacionais, ou seja, é onde se implementam as ações. O quarto S (Seiketsu) corresponde a uma uniformização do que foi feito nos sentidos antecedentes e por fim o quinto S (Shitsuke) que assegura que as acções que foram implementadas são efetivamente cumpridas.

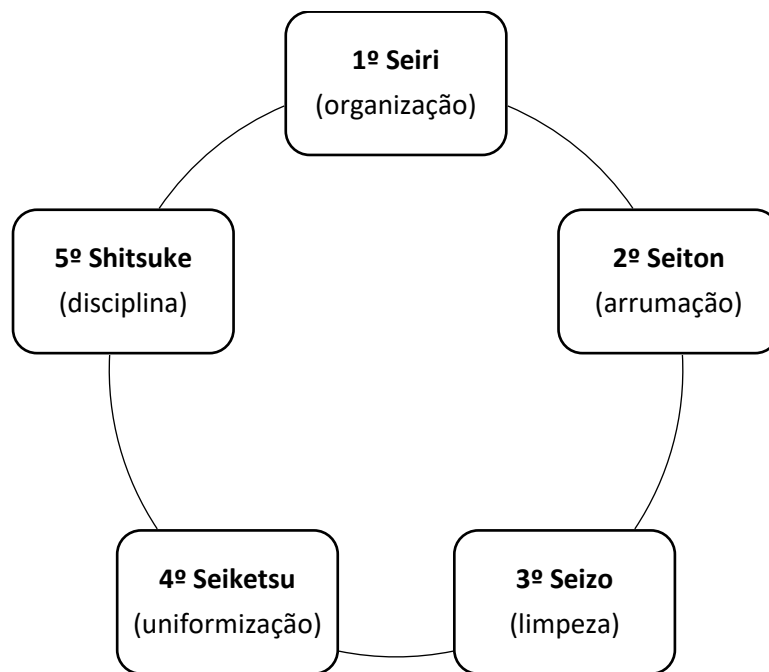


Figura 9- 5S

➤ **SMED (Single Minute Exchange of Die)**

O SMED é uma ferramenta cujo objetivo é reduzir o tempo que uma máquina demora a fazer o setup (Godina et al., 2018), isto é, os processos de trocas nos equipamentos são atividades que não criam valor e o SMED, foi desenvolvido para reduzir os desperdícios dessas paragens (Zhang et al., 2019).

A ferramenta SMED tem sido aplicada em vários setores para minimizar custos, eliminando desperdícios nas empresas. Na tabela 2 encontra-se o impacto segundo vários autores, no que toca à implementação do SMED em várias organizações:

Tabela 2- Impacto da aplicação do SMED nas organizações

Redução do tempo de setup da máquina numa linha de torneamento numa empresa de fabricação de rolamentos.	(ŞahiN & Koloğlu, 2022)
Redução do tempo de setup numa empresa de produção de rolhas de cortiça.	(Sousa et al., 2018)
Impacto na redução do desperdício no tempo de setup numa indústria de vestuário tunisina	(Kordoghli & Moussa, 2013)

➤ **TPM (Total Productive Maintenance)**

De acordo com o autor Nakajima, o TPM define-se como a manutenção produtiva que é realizada por todos os funcionários aos equipamentos de toda a empresa (Nakajima, 1988), tendo como objetivos: zero avarias, zero defeitos, zero acidentes e zero desperdícios (Nakajima, 1988; Ahuja 2008; Hartmann, 1992).

Desta forma, sendo que os resíduos gerados na produção têm uma forte relação com a disponibilidade de equipamentos de produção e que o mau funcionamento e avaria do equipamento diminuem a qualidade do produto final, e consequentes atrasos nas entregas ao cliente (Sanchez e Perez, 2001; Bamber et al., 1999; Blanchard, 1997; Al Najjar, 1996). Assim, uma gestão de manutenção sistemática e estratégica como o TPM, na manutenção dos equipamentos, é realmente significativa para o processo produtivo.

➤ **Kaizen**

De acordo com o Instituto Kaizen, esta ferramenta traduz-se na melhoria contínua dos processos aplicados em todas as áreas de uma organização, envolvendo liderança, gestão e colaboradores, na identificação e eliminação de “Muda” (termo japonês para desperdício).

No que respeita à implementação desta ferramenta, o primeiro passo traduz-se na identificação dos problemas no interior da organização que geram “Muda” seguido da criação de um conjunto de objetivos de melhoria. Estes objetivos podem passar por repensar no desenho de novos layouts e fluxos de processos, de forma a minimizar os custos de tempos de ciclos e leadtims, isto é tempo de espera.

Com esta identificação de problemas acima referida, o objetivo é ter uma perceção de quais são as “Mudas” presentes no processo de forma a serem eliminadas. Estas “Mudas” podem ser:

- 1. Produção em excesso:** Refere-se à produção em quantidades superiores às que vão ser consumidas;
- 2. Pessoas em espera:** Tempo de espera entre setups dos equipamentos, inspeções da qualidade do produto entre outras;
- 3. Materiais (ou informação) em espera:** Como consequência do aumento de stock, pode dar-se o aumento de defeito, do tempo de setup e as paragens das máquinas, a ocupação de espaço e o capital investido;
- 4. Movimento de pessoas:** Significa que o layout bem como a alocação das pessoas ao processo não estão bem concebidos ou estruturados;

5. Transporte de materiais: Pode traduzir-se pela falta de planeamento atempado das entregas dos produtos;

6. Sobre processamento: Referente a tempo excessivo consumido em atividades secundárias como a reparação, limpeza, inspeção, acabamentos, aquecimento, arrefecimento ou secagem.

7. Erros e defeitos: Tempo de retrabalho proveniente de desqualificação, rejeição e sucata.

➤ VSM (Value Stream Mapping)

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma das ferramentas utilizadas para identificação de desperdícios no processo de produção (Rahima Shabeen & Aravind Krishnan, 2022).

Trata-se de um diagrama visual do processo e que auxilia na identificação dos desperdícios bem como na procura pelas oportunidades de melhoria (Rahima Shabeen & Aravind Krishnan, 2022).

Na figura 10, de acordo com os autores Kundgol et al. (2021), estão representados os símbolos que podem ser utilizados no VSM:

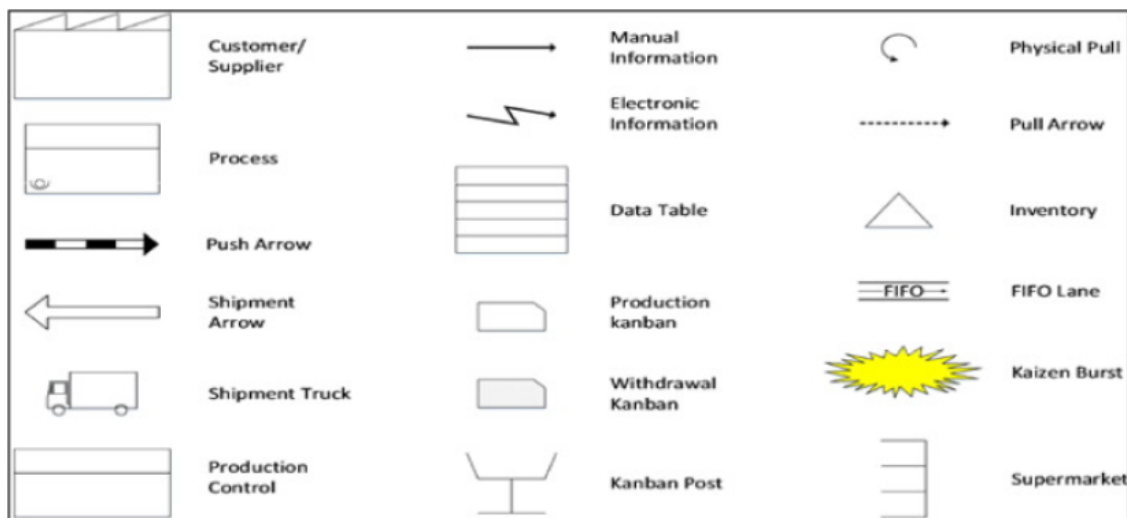


Figura 10- Símbolos utilizados no VSM

Segundo os mesmos autores, Kundgol et al. (2021), a implementação desta ferramenta compreende de uma forma sucinta várias etapas como:

1. Seleção da família de produtos;
2. Seleção de peça para VSM;
3. Recolha dos dados
4. Preparação do mapa do estado atual
 - 4.1. Cálculo do takt time (tempo até a entrega do produto ao cliente);
 - 4.2. Compreensão das expectativas do cliente;

- 4.3. Mapeamento do fluxo do processo e materiais;
- 4.4. Cálculo do tempo de ciclo do produto;

2.2.1. LEAN GREEN

No entanto, atualmente já não se torna suficiente para uma empresa ter só um bom desempenho ao nível produtivo, mas tem de existir também uma preocupação com o meio ambiente, ou seja, pretende-se que as empresas sejam eco eficientes, isto é, que gerem valor utilizando o menor número de recursos possível, reduzindo conseqüentemente o seu impacto ambiental.

É desta forma que surge o conceito de Lean Green, agregando a filosofia do Lean onde se insere a redução/eliminação de desperdício, alinhado com a questão da ecoeficiência.

O Lean Green, utiliza algumas abordagens como o mapeamento de fluxo de valor sustentável (Faulkner & Badurdeen, 2014; Garza-Reyes et al. 2016) e análise de avaliação do ciclo de vida .

De acordo com a literatura, as técnicas verdes (Green) também têm uma ligação com as técnicas Lean porque partilham alguns princípios.

De forma a perceber o impacto da integração do Lean com o Green, foi realizado o caso de estudo desenvolvido pelos autores Silva et al. (2020) em que conforme é possível verificar pela tabela 3, que são vários os contributos da integração do Lean com o Green por meio da aplicação de ferramentas Lean como exemplo o Kaizen, Value Stream Mapping, Jidoka e Total Productive Maintenance numa empresa de soldadura portuguesa com o objetivo de quantificação do impacto económico e ambiental na integração dos dois conceitos (Lean e Green).

Da aplicação destas ferramentas lean transpareceram os seguintes resultados representados na tabela 3:

Tabela 3- Caso de estudo Integração Lean e Green

Ferramenta Lean Aplicada	Impacto
TPM e Jidoka	Redução de 66% na sucata= 400 kg mensais= 1000€/mês
TPM e Jidoka	Retrabalho reduzido em 22h/mês= 198€/mês Economia de 16,5m ³ /mês de gás de proteção na soldagem Redução do consumo de energia em 233,2 kWh/mês
Kaizen	Redução do tempo de ciclo 1,5- 3,2 min Redução do tempo de espera
Value Stream Mapping	Processo de limpeza reduzido em 70%= 7 min

Assim sendo, conforme foi possível verificar pelo estudo de caso acima e chegando à conclusão que a associação do Lean e do Green revela um impacto positivo, foi realizado pelos autores Siegel et al. (2019), Dieste et al. (2019) e Cherrafi et al. (2016) um estudo com o objetivo de compreender o impacto do Lean Green no desempenho das organizações.

Na tabela 4 abaixo é possível verificar os resultados obtidos:

Tabela 4- Impacto da Implementação do Lean Green

Autores	Impacto do Lean Green nas Organizações
(Martínez León & Calvo-Amodio, 2017)	De acordo com estes autores, a implementação da filosofia lean green ajuda a melhorar o desempenho verde, ou seja, ambiental e a reduzir o impacto negativo no processo produtivo das organizações.
(Dieste et al., 2019)	Por exemplo, de acordo com o estudo realizado pelos autores (Pampanelli et al., 2014), estes sugerem que aplicando a filosofia Kaizen unidade de produção pode trazer uma melhoria na redução de recursos de 30 a 50% e revelam ainda potencial para diminuir os custos totais de 5 a 10% no fluxo de massa e energia.
(Dües et al., 2013a)	
(Hajmohammad et al., 2013)	
(Pampanelli et al., 2014).	O lean e o green complementam-se e integram-se no sentido que ambas visam a redução do desperdício, isto é, provenientes da incorreta utilização de recursos como o tempo, mão de obra. Ao reduzir/eliminar estes desperdícios, é expectável que haja uma melhoria no que diz respeito à eficiência das operações.
(Dües et al., 2013a)	
(Ng et al., 2015).	Um outro ponto em que segundo os autores ao lado o lean e o green se integram é na melhoria do desempenho triple bottom line (três pilares da sustentabilidade: ambiental, económico e social).
(King & Lenox, 2009)	
(Bergmiller & McCright, 2009)	
(Dües et al., 2013a)	
(Hajmohammad et al., 2013)	(Chiarini, 2014).

No entanto segundo os autores Cherrafi et al. (2016) e Tafazzoli et al. (2020) existem ainda barreiras que podem condicionar a implementação desta filosofia (Lean Green) que de uma forma mais sucinta se apresentam abaixo:

- Liderança e gestão, onde se pode inserir por um lado a falta de comunicação entre equipas de trabalho, mas também por outro lado a falta de apoio e envolvimento da gestão de topo;

- Comprometimento dos funcionários, ou seja, pode existir despreocupação ou desinteresse para com a melhoria contínua;
- Mentalidade e atitude, a própria cultura da empresa tem uma grande importância no sentido de incrementar a resistência à mudança;
- Abordagem integrada, ou seja, a existência da separação de áreas ambientais e de melhoria contínua dificulta a integração desta metodologia;
- Técnicas e ferramentas, neste ponto pode resultar da falta de planeamento, mas também de falta de formação e sensibilização adequada aos colaboradores.

Neste sentido, segundo um estudo realizado pelos autores Pampanelli et al. (2014), devem existir 6 pré-requisitos de modo a que a implementação do Lean Green seja feita com sucesso:

1. A existência de um processo produtivo estável, com registos de entrega acima de 90% de taxa de atendimento de pedidos;
2. Um nível de maturidade na implementação e na utilização de ferramentas;
3. A existência de sistemas de employee engagement, ou seja, os trabalhadores já conhecem e aplicam as ferramentas de gestão diária mais comuns, como exibição visual primária e reunião diária;
4. Envolvimento da gestão de topo;
5. Boa atitude, conscientização e conhecimento ambiental;
6. Consumo de recursos naturais.

2.3. ECONOMIA CIRCULAR

De acordo com o autor Geissdoerfer, entre outros autores, a Economia Circular tem como objetivo ser o veículo para alcançar a Sustentabilidade de uma organização com foco nos aspetos ambientais e económicos (Geissdoerfer et al., 2017). O conceito de Economia Circular tem vindo a ser exponencialmente abordado nos últimos anos (Lim et al. 2022a, 2022b).

Na Economia Circular, a produção segue um ciclo, ou seja, as matérias-primas e produtos depois de consumidos retornam ao ciclo produtivo sendo desta forma reaproveitados (Sousa-Zomer et al. 2018).

Desta forma, o sistema de Economia Circular pode ser visto como um sistema cíclico e economicamente regenerativo (Lieder & Rashid, 2016).

É desta forma que a Economia Circular se distingue dos sistemas de produção lineares de "take-make-waste" (Lieder & Rashid, 2016; Murray et al., 2017) dado que o seu foco é a reutilização ao longo do ciclo de vida dos produtos (Korhonen et al., 2018), o que faz com que haja uma cadência nas emissões e uma exploração dos recursos naturais mais sustentável.

No que diz respeito à indústria automóvel, esta apesar do seu evidente crescimento ao longo dos anos, segundo a literatura, ainda não possui totalmente incrementado o conceito de Economia Circular neste setor.

Desta forma, para ser possível implementar a Economia Circular no chão de fábrica, é necessário que o desempenho de circularidade seja quantificado (Linder et al., 2017). Neste sentido, indicadores de circularidade podem ser aplicados de forma a quantificar este desempenho e podem mais facilmente aplicar-se a componentes que possam ser reutilizados, reciclados e ainda aplicar-se a resíduos irrecuperáveis (MacArthur, 2015). É nesta fase que deve ser analisado o ciclo de vida do componente no sentido de perceber através do estudo das suas propriedades físicas e mecânicas se o mesmo pode voltar a ser reaproveitado e voltar ao ciclo produtivo.

No que respeita à manufatura, tem também existido evoluções relativamente às suas estratégias. De acordo com os autores Badurdeen et al. (2017), e de acordo com o que se encontra representado na figura 11 abaixo, é possível verificar que a manufatura tradicional se concentra na pré-fabricação, fabricação e uso dos ciclos de vida do produto, levando a resíduos e aterros excessivos.

Mais tarde nas manufaturas Lean e Green já se implementaram os 3R isto é Reduzir, Reutilizar e Reciclar. No entanto, não permitindo ainda a manufatura Green a recuperação de valor dos produtos em fim de vida, deu-se o aparecimento e implementação da manufatura sustentável, tendo esta por base a metodologia 6R (Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar, Redesenhar e Remanufatura) permitindo desta forma a circularidade no produto no processo produtivo.

Assim, é possível fazer um cruzamento com o conceito do Lean, mais propriamente do Lean Green, dado que a utilização de produtos/componentes reutilizados e reciclados por um lado aumenta o valor da circularidade e numa outra perspetiva é também uma forma de incentivar a redução do desperdício.



Figura 11- Evolução das estratégias de manufatura

2.3.1. RELAÇÃO ENTRE ECONOMIA CIRCULAR E LEAN GREEN

De acordo com os autores Verrier et al. (2014) e Bravi et al. (2019), a filosofia Lean Green procura eliminar o desperdício, aquele mais relacionado ao meio ambiente, ou seja, o uso desnecessário de água, energia e recursos, além da poluição e efeito estufa.

De acordo com a filosofia Lean, a otimização de processos aplica-se a uma única e específica cadeia de fornecimento. Por outro lado, na Economia Circular, a otimização de processo é aplicada a uma cadeia mais alargada, onde a identificação e o fluxo de valor não se restringem apenas a um ciclo de vida ou à cadeia de abastecimento do produto, mas sim continua a evoluir com o objetivo de preservar e otimizar o rendimento dos recursos.

Ou seja, de acordo com os autores Sá, José Carlos et al. (2023), de modo a otimizar recursos, deve ser produzindo apenas o necessário, originando um fluxo circular, e trabalhando continuamente rumo à plena eficiência através da melhoria contínua.

De acordo com os autores (Cherrafi et al., 2018), estes apresentaram resultados que validam a ligação entre o Lean e o Green, indicando que as práticas Lean, tais como a redução do tempo de setup (através do Single Minute Exchange of Die (SMED)), e as práticas Green contribuem para a melhoria do desempenho ambiental.

Apesar de ainda não existir muita literatura associada à integração destas temáticas, de acordo com pesquisas recentes, o Lean Green e a Economia Circular possuem objetivos semelhantes, conforme se pode verificar de acordo com a figura 12.

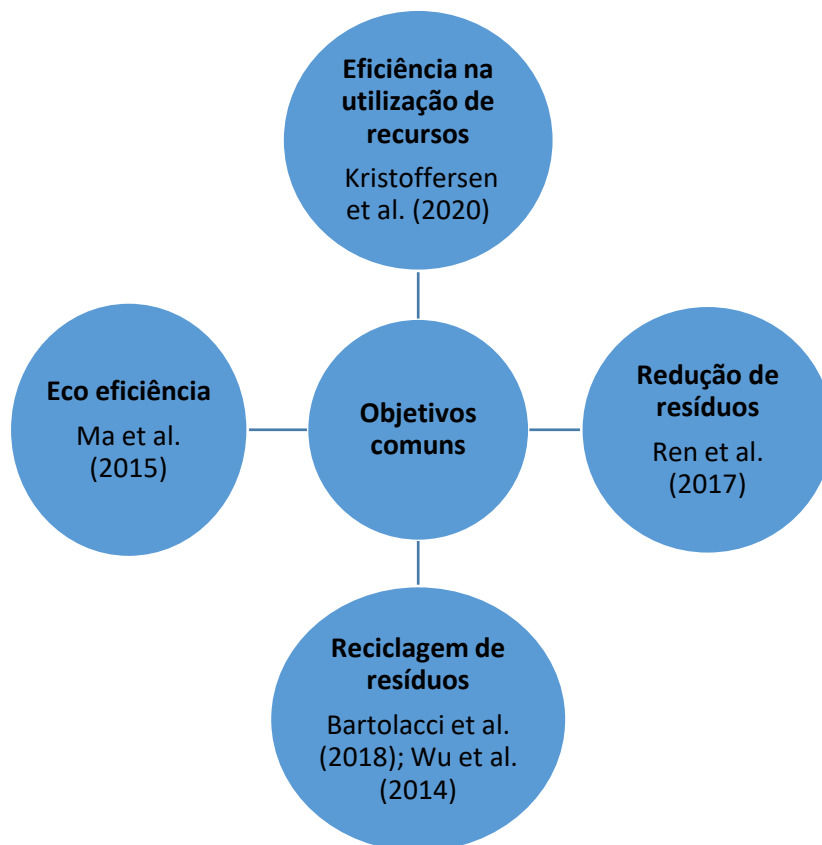


Figura 12- Objetivos Lean Green e Economia Circular

Desta forma, de acordo com os autores Kurdve et al. (2021), a integração destes conceitos e a sua aplicação no processo produtivo é importante para melhorar o desempenho ambiental e dos próprios recursos produtivos dado que aproveita o potencial da Economia Circular, mas por outro lado realça também a importância da produção com base no Lean Green.

É o caso do digrama de Venn apresentado na figura 13, que segundo os autores Lim et al. (2022), que diz respeito às soluções verdes com base na implementação do Lean Green e soluções Economia Circular no nível operacional.

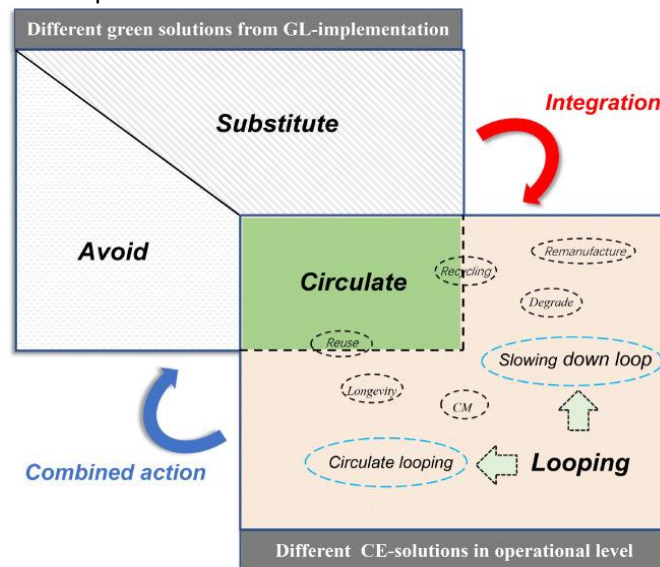


Figura 13- Soluções verdes com base na implementação do Lean Green e soluções de Economia Circular no nível operacional.

A figura 13 representada acima sugere que relativamente à implementação do Lean Green, as soluções passam por:

- Evitar
- Substituir
- Circular

Relativamente à primeira solução (evitar), os autores Abreu et al. (2017) sugerem que deve ser evitado a utilização dos fatores que não trazem valor acrescentado.

Já a segunda solução (substituir), diz respeito à substituição quer de materiais quer de equipamentos que possam trazer mais valor no que diz respeito à preservação do meio ambiente e redução de desperdício.

Por fim, a última solução (circular) traduz-se no reaproveitamento de materiais/resíduos provenientes de ciclos produtivos anteriores e na alocação dos mesmos num novo ciclo de produção.

Esta última solução do Lean Green faz a interligação para as soluções de Economia Circular.

As soluções de Economia Circular por sua vez, conforme podemos ver na figura 9, têm ainda como ponto de incidência o Looping, isto é, processos circulares que ocorrem dentro de um fluxo em que as saídas de um processo são as entradas do outro (Nascimento, 2023).

Através deste diagrama podemos ver e confirmar que conforme sugere a literatura existe uma possível interligação entre estes dois conceitos (Lean Green e Economia Circular) por exemplo, no que diz respeito à circulação de matéria-prima, sendo que podemos ver ainda que existem também conceitos cuja interligação não está clara.

2.4. SUSTENTABILIDADE

O conceito de Sustentabilidade tem tido um foco cada vez maior nos últimos tempos Pieroni et al. (2021).

De acordo com os autores Seuring & Müller (2008), a definição de desenvolvimento sustentável traduz-se na preservação dos recursos das necessidades presentes para o uso e necessidades das gerações futuras e segundo os autores Rajeev et al. (2017) as práticas de produção sustentável constituem o motor para este desenvolvimento sustentável.

De acordo com a literatura, a Sustentabilidade incide em três pilares sendo eles:

- Ambiental;
- Económico;
- Social.

Relativamente ao pilar ambiental, este normalmente está associado a iniciativas, atividades e compromisso da organização para com o meio ambiente.

Por outro lado, o pilar social inclui a melhoria das condições de trabalho e relação entre os trabalhadores, no fundo zelar pelo seu bem-estar.

Por fim o pilar económico, associado aos custos de produtividade e redução de custos indiretos.

Na figura 14 abaixo, encontra-se apresentada a relação entre os três pilares da Sustentabilidade.

A Sustentabilidade deve ser vista e tomada como um todo, ou seja, pelos três pilares, que se podem integrar e relacionar.

De acordo com esta análise podemos estar perante a integração dos conceitos de Sustentabilidade e Economia Circular e se esse for o caso, as empresas devem adequar seus processos produtivos para se adequarem aos princípios de uma Economia Sustentável (Viles et al. 2022).

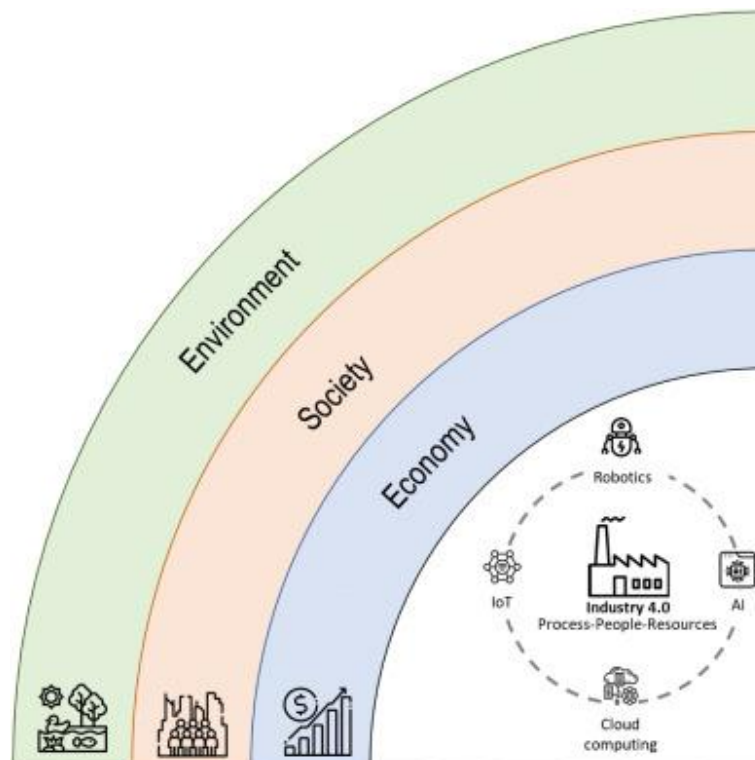


Figura 14- Relação entre os três pilares da sustentabilidade, (Viles et al. 2022).

No entanto, de acordo com figura 14, esta remete ainda para o conceito de Indústria 4.0. que de acordo com os autores (Ejsmont et al., 2020) permite a recolha, processamento e uma análise mais rápida dos valores entre máquinas. A Indústria 4.0 demonstra benefícios entre eles poupanças financeiras resultantes de uma melhoria no planeamento, otimização dos tempos de implementação e aumento da eficiência dos processos de produção.

Segundo os autores Stock & Seliger (2016) a indústria 4.0 gera valor no que respeita à compreensão da criação de valor industrial sustentável no Triple Bottom Line (três pilares da sustentabilidade).

O Triple Bottom Line (TBL) é um modelo cujo foco é quantificar o desempenho na organização no que respeita à Sustentabilidade, Elkington (1994) tendo como principal objetivo avaliar as organizações de uma forma abrangente, tendo em consideração indicadores financeiros, sociais e ambientais, assegurando um equilíbrio entre três critérios: Eficiência Económica, Prudência Ecológica e Equidade Social (de Freitas & Costa, 2017; Depken & Zeman, 2018; Tseng et al., 2019).

De acordo com a autora (Dias, 2006) o conceito do TBL foi introduzido por Elkington em 1998 e no que respeita à Sustentabilidade, o desenvolvimento sustentável deve abranger e englobar a prosperidade económica, qualidade ambiental, e equidade social. Desta forma, o TBL ganhou valor e tornou-se uma ferramenta fundamental para as organizações.

Na figura 15 é possível encontrar um esquema representativo do TBL nas suas três dimensões Económica, Social e Ambiental.

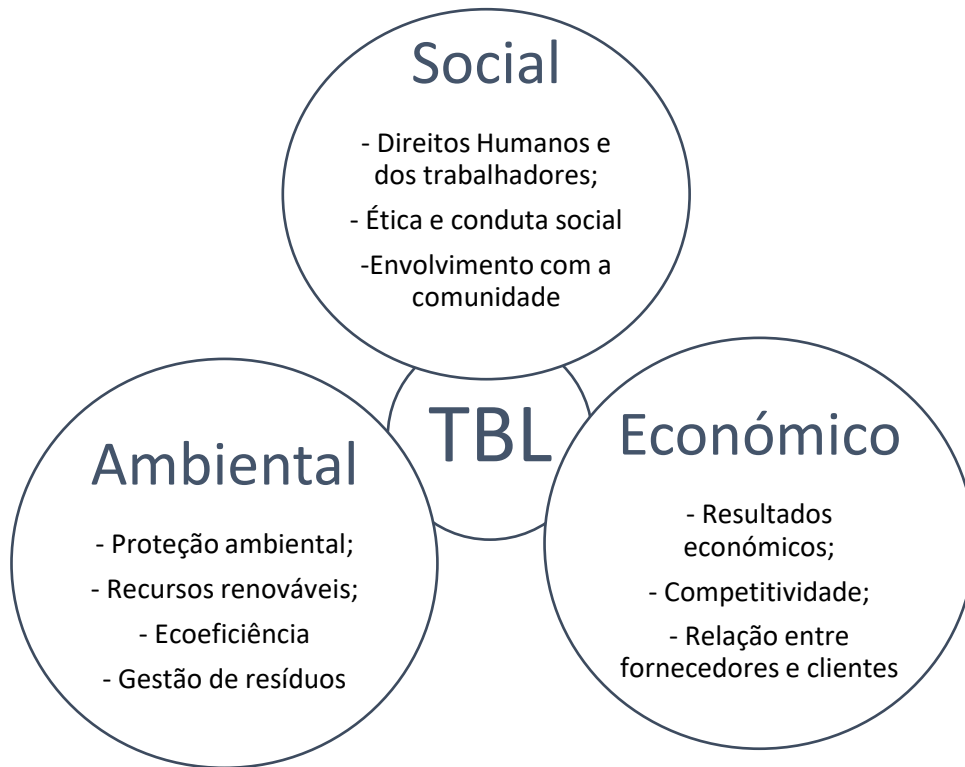


Figura 15- Três Pilares da Sustentabilidade

2.4.1. RELAÇÃO ENTRE LEAN GREEN E SUSTENTABILIDADE

De acordo com os autores Abualfaraa et al. (2020) o objetivo por trás do desenvolvimento da abordagem Lean Green era que esta englobasse os três pilares da Sustentabilidade, simultaneamente, ou seja, os pilares ambiental, económico e social. Também de acordo com os autores Inman et al. (2018), existe uma complementaridade entre o Lean Green e a Sustentabilidade.

Segundo os autores (Dües et al., 2013b), da relação entre os dois conceitos surgem vantagens para a organização no sentido de redução de desperdício, redução de custos e recursos naturais.

Também se pressupõe que existe um incremento na eficiência dos processos ao interligar-se estes dois conceitos.

Os autores Mor et al., (2016) acrescentam ainda aos benefícios mencionados acima, a melhoria da moral dos funcionários e foco no cumprimento de requisitos ambientais. Estes autores afirmaram que a abordagem Lean Green traz benefícios ao TBL, no que respeita à moral dos colaboradores, no cumprimento de regulamentos ambientais e para a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores.

Da mesma forma, Lopez et al. (2020), concluíram que o Lean Green impacta nas dimensões da Sustentabilidade em diferentes níveis da cadeia de suprimentos aeroespacial, embora esse impacto apresente graus diferentes de acordo com cada nível.

De facto, segundo os autores (Siegel et al., 2019), o Lean Green pode contribuir e impactar nos três pilares da Sustentabilidade, essencialmente nos pilares ambiental e económico. Relativamente ao pilar social, são menores as evidências disponíveis no que respeita ao impacto que o Lean Green possa ter.

No entanto na perspetiva dos autores (Siegel et al., 2019), ainda não existe maturidade ou vontade no que respeita à implementação do Lean Green, aliás segundo os autores Alves et al. (2015) e (Duarte & Cruz-Machado, 2017), o maior desafio para as organizações é a resistência à mudança e falta de apoio da gestão na implementação de medição e dados quantificáveis.

2.4.2. SUSTENTABILIDADE NA YAZAKI

De acordo com o relatório de Sustentabilidade e sendo a Sustentabilidade parte dos valores da YAZAKI, esta tem como principal objetivo, ser referência no que respeita à sua contribuição para a diminuição da pegada ecológica bem como na garantia de um crescimento sustentável durante a cadeia produtiva (Yazaki, 2022).

Assim sendo, existe na YAZAKI, um departamento essencialmente ligado à Sustentabilidade, cuja organização compreende os seguintes aspetos:

- Governança;
- Processos comuns ou definidos;
- Metas e KPI;
- Gestão dos recursos e coordenação dos projetos.

No que respeita à estratégia por parte da organização em atingir a Sustentabilidade nas suas operações, existem três pilares essenciais representados na figura 16.



Figura 16- Três Pilares Estratégicos

Desta forma, alinhado com estes três pilares, foram estabelecidas pela organização as metas para os próximos anos no que diz respeito à Sustentabilidade. Estas metas estão relacionadas com:

- Criação de uma organização de Sustentabilidade;
- Utilização de eletricidade proveniente de fontes 100% verdes;
- 50% de redução das emissões de CO₂;

- Utilização de 50% de material reciclado nos produtos para clientes finais;
- Fornecedores com zero utilização de CO₂;
- Neutralidade do carbono.

Estas metas apresentadas podem ser consultadas com maior detalhe no Anexo A.

2.4.3. QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE

De acordo com o autor (Neely, 1999), um sistema de medição de desempenho permite que as decisões e ações do presente sejam tomadas com base em “lessons learned”, isto é, baseado em factos ou ações que aconteceram no passado, por meio da recolha, classificação, análise, interpretação e disseminação dos dados adequados.

Assim, uma forma de quantificar e medir o desempenho de uma organização passa pela análise dos indicadores de Sustentabilidade, que devem incorporar as três dimensões: económica, social e ambiental. Segundo o autor (Daub, 2007), através dos indicadores é possível avaliar o desempenho da empresa em relação à Sustentabilidade, desta forma são considerados tão ou igualmente importantes quanto os dados qualitativos dos relatórios de Sustentabilidade.

Nos subcapítulos abaixo representados, irá ser feita uma contextualização no que diz respeito à medição do desempenho em cada uma das três dimensões da Sustentabilidade, bem como serão apresentados para cada uma das dimensões, uma listagem de indicadores possíveis de utilizar para a medição do desempenho da Sustentabilidade segundo a Standard and Poor’s.

2.4.3.1 DESEMPENHO AMBIENTAL

A avaliação do desempenho ambiental é cada vez mais importante para as organizações, isto porque cada vez mais as mesmas têm de ser capazes de assumir as suas ações, com base em leis e normativas estabelecidos nesta área (Henri & Journeault, 2010). Fatores como os abaixo representados são aspetos que segundo os autores Choudhary et al. (2019) enfatizam a necessidade de as organizações terem de zelar pelo meio ambiente:

- Alterações climáticas;
- Esgotamento dos recursos naturais;
- Aumento populacional e a legislação.

De acordo com os autores Schultze et al. (2012) o desempenho ambiental pode também ser quantificado e desta forma também um fator de concorrência entre as organizações na medida em que, dependendo do setor em que se opera, existem requisitos dos clientes no campo ambiental que levam a que tenha de existir um comprometimento maior por parte das organizações em cumprir com os requisitos dos clientes (Hannah Santos et al., 2019) o que nos dias que correm é de extrema relevância para uma organização ser competitiva e ter um futuro favorável, esta deve-se concentrar naquilo que acrescenta valor para os seus clientes (Abreu et al., 2017).

Assim sendo, indicadores como exemplo as emissões atmosféricas poluentes, quantidade de sucata proveniente de resíduos de produtos, consumo de materiais perigosos são indicadores particularmente importantes no momento de quantificar o desempenho da sustentabilidade no que refere ao pilar ambiental.

Além disto, através de uma melhoria deste desempenho, que pode ser alcançada pela via da inovação (Jung Choi & Han, 2018), as organizações podem melhorar a sua capacidade de aumentar a confiança dos seus clientes na sua gestão Green, demonstrando assim que estão a responder aos seus pedidos (De Mendonca & Zhou, 2019).

2.4.3.2 DESEMPENHO ECONÓMICO

O desempenho económico refere-se a aspetos que são quantificáveis, isto é, são analisados e calculados os dados obtidos pela empresa (Ahmed et al., 2015).

De acordo com vários autores, estes dados incluem, por exemplo, custos operacionais (Santos Bento & Tontini, 2018), rapidez de entrega (Pashaei & Olhager, 2019) e a qualidade dos produtos e/ou serviços (Inman & Green, 2018; Santos Bento & Tontini, 2018).

Através da literatura é possível verificar que aliado ao desempenho económico, está o desempenho operacional na medida em quando existe eficiência nos processos, leva a um aumento da oferta produtos e desta forma é possível diminuir os custos de venda e por consequência as organizações podem tornar-se mais competitivas (Jabbour et al., 2016).

De acordo com os autores Hussain et al. (2019), existe uma conexão positiva entre as práticas Green e o desempenho económico, que se pode traduzir num aumento do desempenho operacional, ou seja através de adição de práticas Green, várias empresas conseguiram encontrar formas de aumentar a sua produtividade, melhorando e inovando os seus processos produtivos bem como otimizando o consumo dos seus recursos (matérias-primas e recursos humanos).

Segundo os autores Porter et al. (1995) as implementações de programas ambientais bem desenhados podem despoletar inovações e baixar o custo total do produto ou melhorar o seu valor.

O autor David L. Rainey (2006) refere que segundo desenvolvimento da Sustentabilidade estratégica, os custos operacionais poderão ser otimizados recorrendo a:

1. Redução de perdas e resíduos;
2. Processos mais eficientes;
3. Desenvolvimento de novos produtos e processos com menos dificuldades adjacentes na sua conceção;
4. Sensibilização e alinhamento da empresa para melhoria da eficácia e eficiência;
5. Redução de custos futuros associados a correções, obrigações e seguros.

2.4.3.3 DESEMPENHO SOCIAL

De acordo com os autores Orazalin et al. (2018) o desempenho social pode ser traduzido e avaliado por quatro aspetos:

1. Práticas de trabalho;
2. Direitos humanos;
3. Sociedade;
4. Responsabilidade pelo produto.

O desempenho social tem relação com o pilar social da Sustentabilidade no sentido de que ambos tem como objetivo responder às necessidades das partes interessadas, práticas e a relação com os trabalhadores (Alsayegh et al., 2020). Já os autores Yildiz Çankaya, et al. (2019) afirmam que as implementações de métodos de produção verde impactam positivamente não apenas no pilar social, mas também no abrange aspetos como saúde e segurança no trabalho, condições de trabalho e cumprimento dos requisitos de segurança aplicáveis.

Como tal, o pilar social está relacionado com a imagem corporativa da organização e com o seu relacionamento com as suas partes interessadas, bem como com o cumprimento de leis e regulamentos sociais (Hussain et al., 2019) e ainda com as condições de trabalho (Varela et al., 2019).

Com base na literatura e segundo os autores Hussain et al. (2019), existe uma correlação positiva entre o desempenho social e relação e as práticas Green. Por outro lado, de acordo com os autores Agyabeng et al. (2020), não existe relação entre os dois uma vez que segundo os autores, a cadeia de suprimentos não influencia a segurança nem o bem-estar da sociedade.

2.4.3.4 INDICADORES DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE

De acordo com os autores Kardec et al. (2002), os indicadores servem de orientação para que seja possível medir a eficácia de ações tomadas, e ainda medir o que foi planeado em paralelo com o que foi realizado.

Estes indicadores são, portanto, um meio de medir a Sustentabilidade de uma organização. Para a Standard & Poor's existem indicadores que servem de base para a medição do desempenho da Sustentabilidade das organizações, tendo por base os três pilares da Sustentabilidade.

Assim, nas tabelas abaixo 5,6 e 7 seguem alguns exemplos de indicadores relativos a cada um dos pilares.

De acordo com a Standard and Poor's, existem vários indicadores no que respeita ao pilar ambiental da Sustentabilidade, no entanto, de acordo com o levantamento efetuado, na tabela 5 encontram-se representados os indicadores mais relevantes e que são mais comuns de ser aplicados.

Tabela 5- Indicadores Pilar Ambiental

Pilar Ambiental	
Emissão de gases de efeito estufa	Intensidade energética (GJ, por receita)

Emissão de gases de efeito estufa	Energia renovável no mix de energia (% da energia total usada)
Emissão de gases de efeito estufa	% da receita de produtos de carbono ou de eficiência energética
Emissão de gases de efeito estufa	Detalhe dos materiais primários adquiridos (por volume ou gasto)
Resíduos e poluição	Resíduos totais (toneladas [t] de resíduos, por receita e por volume)
Resíduos e poluição	% de resíduos que são reciclados/reutilizados/recuperados
Resíduos e poluição	% de resíduos que são perigosos
Resíduos e poluição	% da receita gerada a partir de produtos com eficiência de resíduos
Resíduos e poluição	% de produtos ou componentes em fim de vida que são reciclados/reutilizados/recuperados
Água	Intensidade de uso da água
Água	% de água que é reciclada

Para o presente trabalho de acordo com projeto estudado, os indicadores que foram utilizados foram mais relacionados com os de resíduos e poluição, nomeadamente:

- Resíduos totais (toneladas [t] de resíduos, por receita e por volume), ou seja, a % de sucata gerada;
- % de resíduos que são reciclados/reutilizados/recuperados.

Conforme efetuado para o pilar ambiental, de acordo com a Standard and Poor's, foi feita uma compilação dos indicadores mais relevantes relativamente ao pilar social que se encontram representados na tabela 6.

Tabela 6- Indicadores Pilar Social

Pilar Social	
Gestão da segurança	Número de mortes por milhões de horas trabalhadas
Gestão da segurança	Número e custo de recalls de produtos como % da receita anual
Gestão da segurança	TRIFR (taxa de frequência total de lesões registadas)
Gestão da segurança	Número de incidentes de segurança de processo
Gestão da segurança	Quantidade de multas e acordos legais e regulatórios associados à segurança do produto
Força de trabalho e diversidade	Taxa de rotatividade voluntária/involuntária (%)
Força de trabalho e diversidade	Valor médio gasto por funcionário equivalente a tempo integral (FTE) em formação e desenvolvimento
Força de trabalho e diversidade	% funcionários temporários e contratados na força de trabalho
Envolvimento do cliente	% de clientes satisfeitos (do total de clientes que responderam ao inquérito da empresa)
Envolvimento com outras organizações	Uniformização de processos

De acordo com o projeto em estudo que se encontra apresentado no capítulo 3, este foi o pilar que trouxe mais dificuldade ao quantificar o seu impacto, na medida em que o projeto do caso de estudo, ainda se encontra numa fase preliminar, sendo que não é possível quantificar o seu impacto mesmo através da utilização de indicadores.

No entanto, tendo em conta uma perspetiva futura do projeto, em que se prevê que os produtos para além de serem utilizados apenas para utilização interna, sejam também vendidos a outras fábricas, o que irá gerar um aumento na procura do produto, nesse caso já existem alguns indicadores que podem ser visivelmente aplicados, de salientar de entre os indicadores mencionados na tabela 6:

- % funcionários temporários e contratados na força de trabalho;

- Valor médio gasto por funcionário equivalente a tempo integral (FTE) em formação e desenvolvimento;
- % de clientes satisfeitos;
- Uniformização de processos.

Por fim e da mesma forma, de acordo com a Standard and Poor's, foi feita uma compilação dos indicadores mais relevantes e que se encontram representados na tabela 7.

Para a quantificação do impacto deste pilar, é extremamente importante ter um histórico dos dados, isto é, ter uma visão do antes e do processo atual, de forma a poder avaliar a possível vantagem económica.

Tabela 7- Indicadores Pilar Económico

Pilar Económico	
Faturação/Atividade	Período Médio de Stock
Faturação/Atividade	Período médio de cobrança (dias de vendas pendentes)
Faturação/Atividade	Prazo médio de pagamento (dias a pagar pendentes)
Faturação/Atividade	Identificação dos dias financiados
Liquidez	Liquidez Geral
Lucratividade	Margem de lucro líquido
Lucratividade	Retorno sobre o investimento (ROI) ou Retorno sobre os ativos (ROA)
Lucratividade	Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)

Desta forma, de acordo com o caso de estudo que irá ser analisado no capítulo 3, um dos indicadores mais importantes foi perceber o retorno económico entre adquirir o produto no fornecedor e produzir o mesmo internamente através da utilização de material reciclado, material este que constitui custos em sucata para a empresa e que são assim reduzidos/eliminados.

Por outro lado, dado que o projeto do caso de estudo conforme referido ainda se encontra numa fase preliminar, no caso de aumentar a procura e os volumes de produção, surgem outros custos de recursos como exemplo a contratação de pessoas, novos equipamentos, custos logísticos e desta forma terá de ser feito um cálculo da margem de lucro (entre o valor que é gasto e o valor que é obtido) conforme referido na tabela 7.

3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

3.1. CASO DE ESTUDO: DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DE MATERIAL

3.1.1. DESCRIÇÃO

Este trabalho incidiu num projeto já iniciado pela fábrica, que teve como base o desenvolvimento de cápsulas para a proteção de terminais (denominados de copos) e que são usados nas diversas fábricas da Yazaki. Inicialmente a Yazaki estava a comprar estes componentes a fornecedores externos e havendo a possibilidade de desenvolver um novo produto, recorrendo à reutilização de matéria-prima, isto é reintrodução de sucata novamente no ciclo de vida do processo produtivo, decidiu pelo desenvolvimento dos moldes e equipamento dedicado à recuperação deste resíduo.

Conforme irá ser possível verificar no decorrer do trabalho é considerável a quantidade de sucata que é gerada a partir do momento em que uma determinada matéria-prima/produto deixa de ter contributo para o processo produtivo, passando desta forma a ser um resíduo.

Existe uma diversidade de produtos que podem gerar sucata maioritariamente por possuírem defeitos de qualidade, no entanto um dos produtos mais predominantes são os conectores conforme se pode ver um exemplo na figura 17.



Figura 17- Conector

São exemplos de defeitos que podem levar à sucata destes produtos:

- Injeção defeituosa da matéria-prima;
- Conectores danificados;
- Dimensões incorretas;

- Entre outros...

Este projeto do caso de estudo, consiste no reaproveitamento dos gitos representados na figura 18 (constituem desperdícios do processo de injeção de produção de conectores como por exemplo da figura 17).



Figura 18- Gitos

O reaproveitamento destes gitos que no fundo são resíduos que aumentam a sucata e transparecem em custos acrescidos para a empresa, constituem uma melhoria para o processo já existente.

Cada vez mais, torna-se para as organizações uma oportunidade estratégica, garantir uma segunda vida dos resíduos gerados. Para tal é necessário que existam meios adequados ao reaproveitamento dos mesmos, não só a nível de equipamento, mas principalmente também ao nível da análise das propriedades físicas e químicas dos materiais.

Estes gitos são separados para depois poderem ser colocados novamente na máquina de modo a reutilizar o material para retornar ao processo produtivo, dando origem a um novo produto conforme representado na figura 19.



Figura 19- Copos gerados da reciclagem de matéria-prima

Estes copos possuem como principal objetivo o acondicionamento e proteção dos terminais (figura 20) que compõem os fios de sinal que irão ser montados nas cabelagens produzidas na Yazaki.



Figura 20- Acondicionamento de terminais

Os copos conforme se pode verificar na figura acima, já existiam, no entanto, eram adquiridos num fornecedor, o que para além de implicar custos para a organização na sua aquisição, aumentava também a pegada ecológica da organização, no sentido em que vários quilogramas de matéria-prima que era sucata e ficava assim inutilizada.

Foi assim que surgiu este projeto na organização, com vista a dar uma segunda vida à sucata gerada na organização, desta forma reduzindo a pegada ambiental e por outro lado a redução de custos inerentes à compra destes copos no fornecedor.

Na figura 21 abaixo estão representados copos de duas matérias-primas em que foram feitos os testes: PP e PBT, no entanto o teste será realizado noutras matérias-primas.

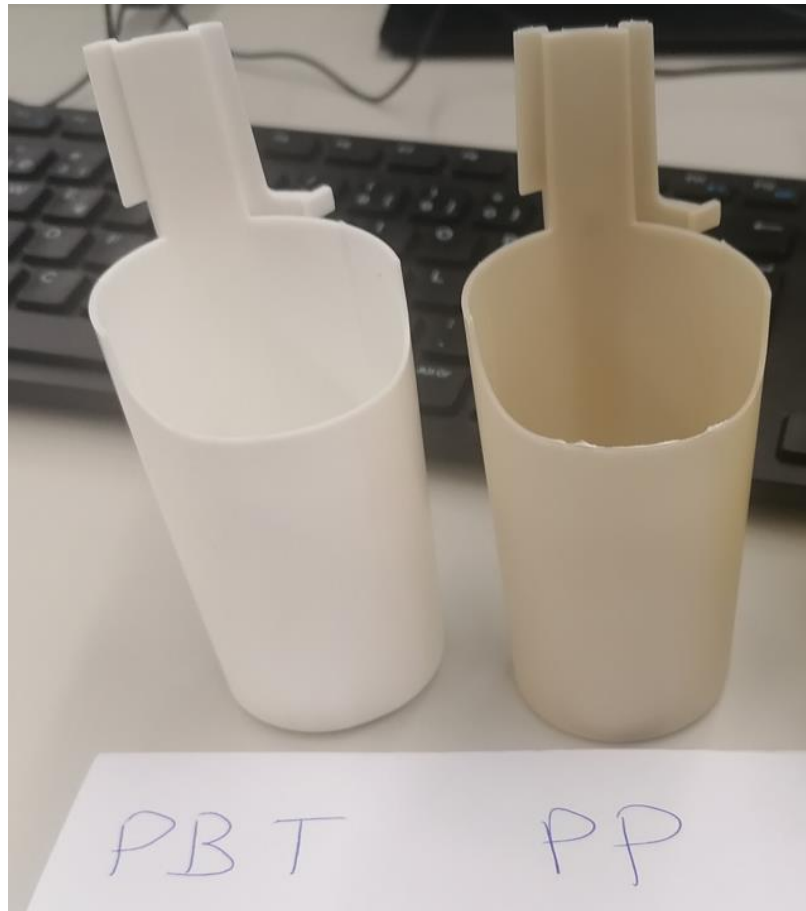


Figura 21- Teste de duas matérias-primas

3.1.2. PROCESSO PRODUTIVO DOS COPOS

Conforme referido no capítulo anterior, proveniente da sucata que estava a ser gerada pela acumulação de matéria-prima, surgiu na Yazaki um projeto de reutilização da mesma matéria, dando origem a um novo produto, capaz de satisfazer as necessidades internas na produção.

No que respeita ao seu processo produtivo, este projeto está inserido na secção dos moldes injeção.

Nesta secção são produzidos conectores que posteriormente são consumidos nas restantes divisões da Yazaki, pois são estes conectores que são utilizados nas cabelagens produzidas.

O processo de injeção surgiu em meados do ano de 1872, pelo autor John Hyatt que patenteou a primeira máquina de injeção nos EUA. (Goodship et al., 2004).

Neste caso, para a produção dos copos, as principais etapas deste processo encontram-se representadas na figura 22.

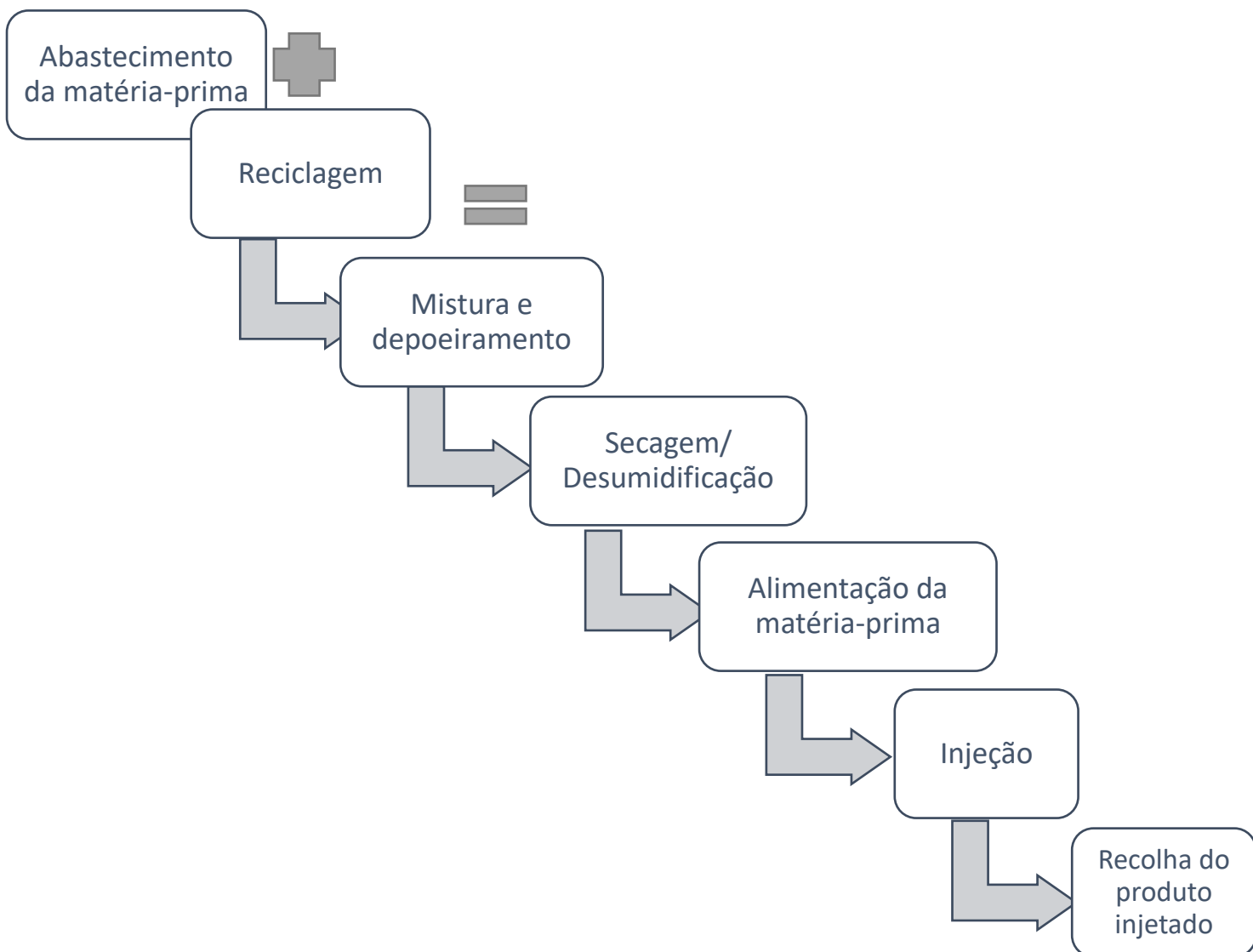


Figura 22- Etapas processo de injeção

Conforme é possível verificar pela figura 22 acima representada, o processo de injeção compreende várias etapas. No anexo B encontra-se representado o fluxo do processo de injeção de forma a poder ser analisado com maior detalhe.

De uma forma mais sucinta, o processo de injeção contempla as seguintes etapas:

1. Abastecimento da matéria-prima

O processo tem início com o abastecimento da linha de produção. Nesta etapa procede-se à compilação dos gitos recolhidos do “desperdício do processo” representados nas figuras 23 e 24.

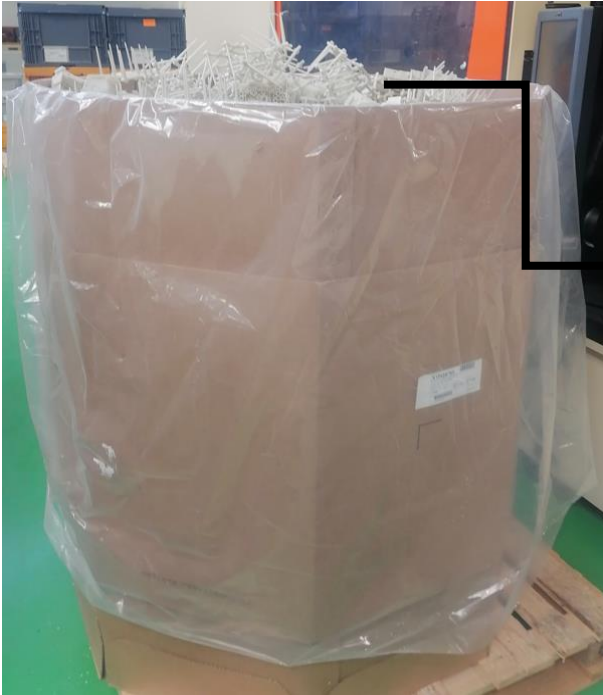


Figura 23- Gitos recolhidos do processo



Figura 24- Detalhe da figura 23

Conforme a figura abaixo, estes gitos são introduzidos numa máquina que os irá triturar de forma a avançar à etapa seguinte.



Figura 25- Máquina de trituração de gitos

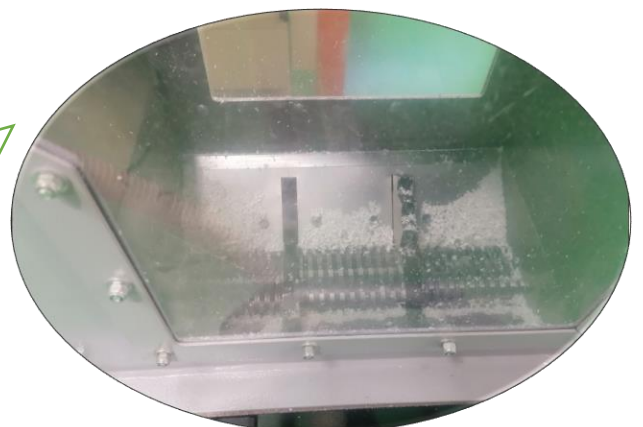


Figura 26- Detalhe da figura 25

Após o tritramento, conforme podemos verificar na figura 25, o material segue então por um tubo até à máquina do processo seguinte (figura 27), onde se procede à mistura da matéria-prima virgem com a que foi reciclada (no caso do produto não ser 100% reciclado), bem como o despeiramento do pó do material antes do processo de desumidificação.



Figura 27- Máquina de mistura de gitos + matéria-prima virgem



Figura 28- Detalhe da figura 27

Posteriormente ao processo de desumidificação, as máquinas de injeção, conforme representado pela figura 29 abaixo, são alimentadas para dar início ao processo de injeção. Neste processo, dá-se a plastificação (derretimento) de um termoplástico na forma de grãos por meio de um cilindro de metal aquecido.

No interior deste cilindro encontra-se um sem-fim que plastifica e acumula o material. Após esse processo o material é empurrado pelo sem-fim e injetado dentro da cavidade de um molde previamente desenhado com as dimensões do produto a ser obtido.



Figura 29- Máquina de injeção



Figura 30- Detalhe da figura 29

Após um período de arrefecimento, a peça é então extraída a partir do molde abaixo representado.



Figura 31- Molde de injeção

3.1.3. SELEÇÃO DA MATÉRIA- PRIMA A REUTILIZAR

Para além da avaliação do comportamento mecânico e funcional das matérias-primas no processo produtivo existem outras características que podem interferir na seleção de uma matéria-prima.

No entanto e de forma a ser possível analisar com mais detalhe este processo de reutilização e reincorporação, o foco foi em duas das matérias-primas já referidas anteriormente, o PP e PBT.

Numa primeira fase é importante perceber, de entre as várias famílias de materiais que existem, em qual é que os materiais em estudo se inserem.

De acordo com a figura 32, existem várias famílias entre as quais: Metais, Cerâmicos, Compósitos, Polímeros, entre outros.

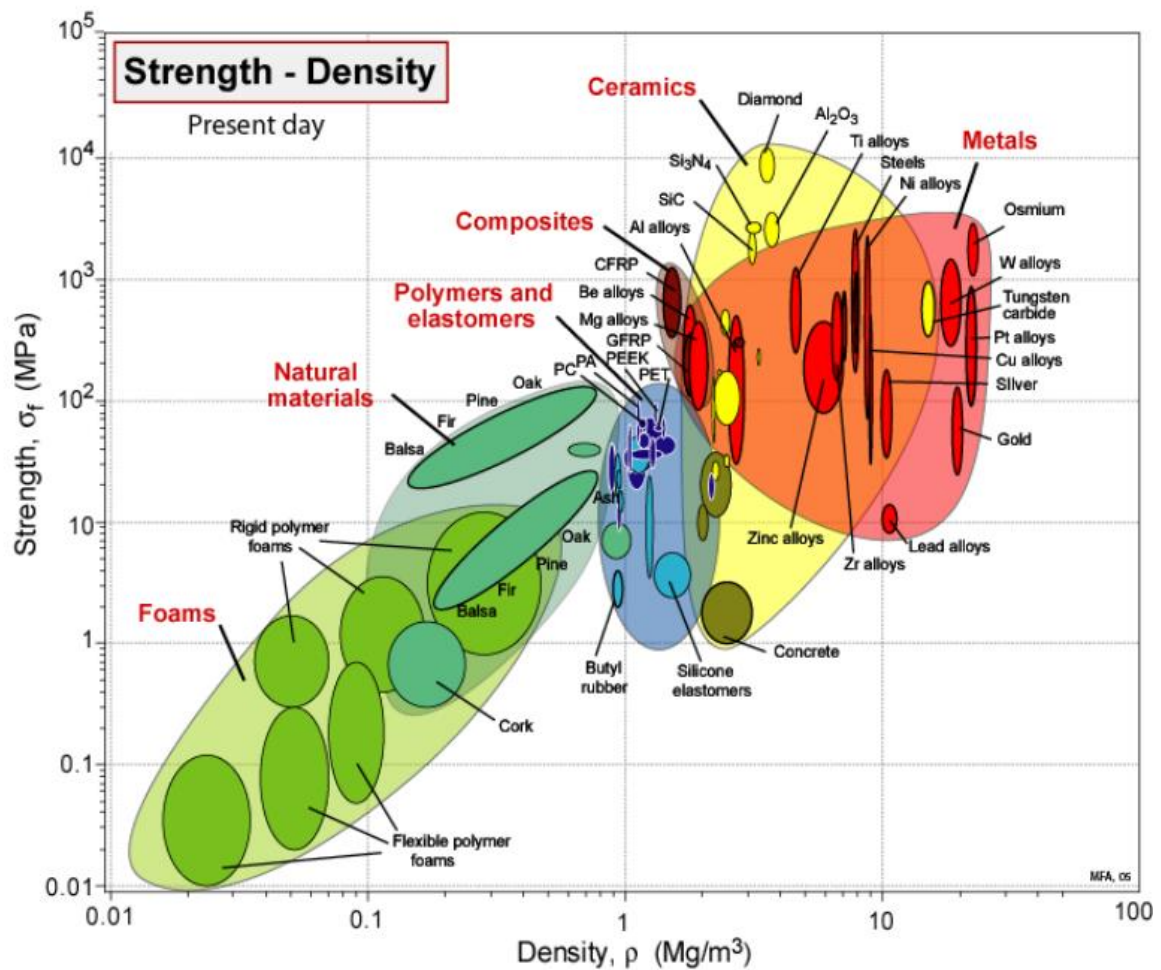


Figura 32- Famílias de materiais

Os materiais em estudo, PBT e PP inserem-se na família dos polímeros e caracterizam-se por serem materiais rígidos e adequados para utilização na indústria.

No entanto é possível aferir que entre os vários materiais, as suas propriedades podem diferir.

Por exemplo no caso da resistência mecânica e a ductilidade destes materiais são propriedades que variam bastante. Existem, por exemplo, polímeros muito dúcteis, mas também existem os que são muito frágeis.

Uma parte significativa dos polímeros apresentam má condutibilidade elétrica, ao passo que outros tantos se caracterizam pela sua boa condutibilidade elétrica. Em geral, os materiais poliméricos têm densidades baixas, boa resistência à corrosão e decompõem mesmo a temperaturas relativamente baixas.

No que respeita à caracterização dos materiais segundo as suas propriedades, estas podem ser de natureza:

- Tecnológica;
- Mecânica;
- Físicas e Químicas.

Na figura 33 é possível encontrar um quadro que contempla as propriedades mais importantes dos materiais.

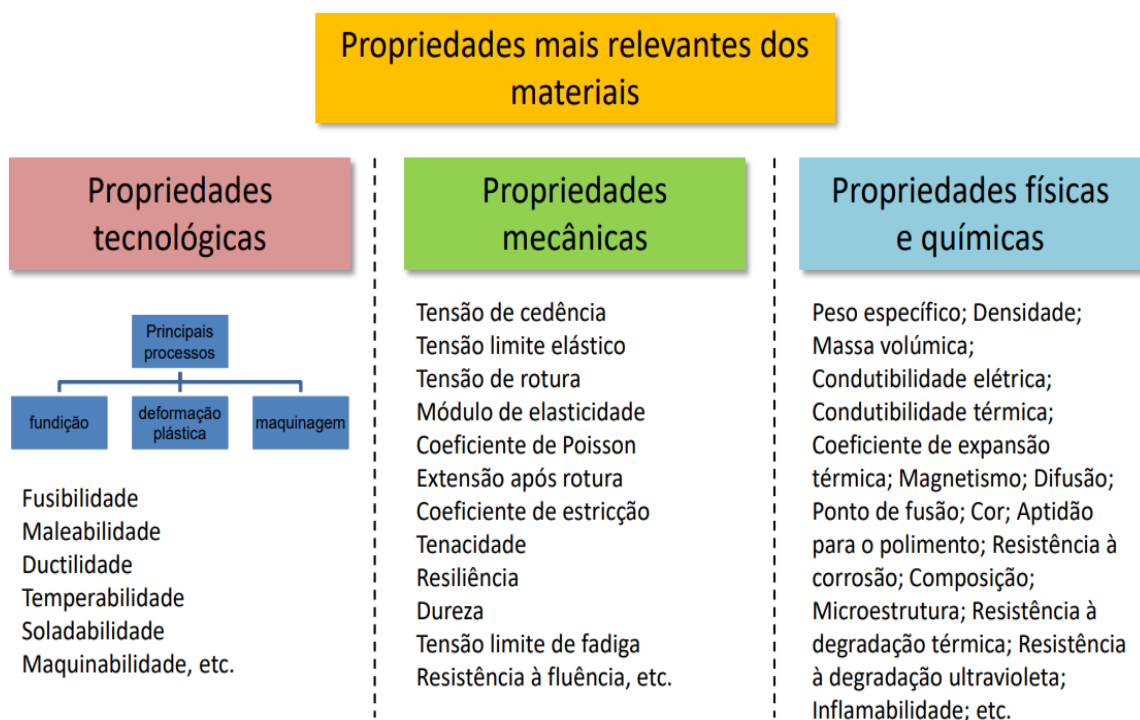


Figura 33- Propriedades relevantes dos materiais

De forma a entender melhor os materiais em estudo (PP e PBT) acerca das suas propriedades, encontram-se na tabela 8 as propriedades mais relevantes, sendo que, nos Anexos C-G encontram-se as fichas técnicas dos materiais.

Tabela 8- Propriedades PBT e PP

PBT	PP
Rigidez alta	Alta resistência à fadiga
Alta resistência ao impacto	Alta elasticidade e tenacidade
Boa fluência	Bom isolamento
Resistência térmica alta	Transmissividade (embora possa ser transparente, é normalmente produzido para ter cor opaca)
Boa resistência química	Boa resistência química

No entanto, para além destas propriedades enumeradas, existem ainda outros critérios na hora de fazer a seleção de um material, entre eles:

1. Custo versus desempenho;
2. Matriz de seleção por atributos;
3. Análise de valor;
4. Análise de falhas;
5. Benefício-Análise de Custos.

Para o presente trabalho, foram selecionadas de entre as matérias-primas existentes o PBT e PP, pois para além de serem das matérias-primas mais utilizadas, tiveram o seu comportamento testado quanto à reciclagem do material.

Posteriormente, o objetivo será reciclar mais matérias-primas a fim de incorporar material reciclado, na criação de novos produtos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho tem como um dos seus objetivos, avaliar de que forma pode existir uma integração entre o lean green e a economia circular e de que forma esta integração afeta a sustentabilidade de uma organização.

No decorrer do trabalho, foi possível analisar que de uma forma sucinta, que existe uma relação entre o lean green e a economia circular no sentido de garantir a redução de desperdícios através da reintrodução dos resíduos novamente no ciclo produtivo.

No caso de estudo apresentado, é possível perceber essa integração de conceitos, na medida em que o projeto em estudo consiste na reutilização de matéria-prima, os gitos, para a criação de novos produtos, copos para acondicionamento dos fios de sinal.

Tendo a sustentabilidade por base três pilares: económico, ambiental e social, e apesar de ser de certa forma perceptível a nível ambiental que haja um impacto no sentido da redução do desperdício, é necessário quantificar o impacto do mesmo bem como dos outros dois pilares.

Para isso, tendo por base o caso de estudo dos copos para acondicionamento de fios de sinal, abaixo será feita a verificação e quantificação do impacto deste projeto que integra a temática do Lean Green e Economia Circular na Sustentabilidade da organização (YAZAKI).

4.1. IMPACTO DA ECONOMIA CIRCULAR E DO LEAN GREEN NA SUSTENTABILIDADE

Neste capítulo será feita uma análise do impacto relativamente ao projeto referido acima em cada um dos pilares da sustentabilidade, isto é, perceber de que forma, a reutilização de matéria-prima consegue ser quantificada e ter impacto numa perspetiva tanto económica, ambiental como social. Por outro lado, compreender e atestar a possível veracidade bem como poder dar resposta às questões abaixo:

- A integração do Lean Green e da Economia Circular têm impacto para o desempenho e Sustentabilidade da organização?
- De que forma se relaciona o conceito de Economia Circular com os três pilares da Sustentabilidade?
- Qual o impacto do Lean Green no ciclo de vida do produto?

4.1.1. IMPACTO NO PILAR ECONÓMICO DA SUSTENTABILIDADE

Do ponto de vista económico e segundo o autor Antonik (2004, p. 38), a sustentabilidade económica e financeira é um elemento crucial para o sucesso da organização.

Assim sendo, é de extrema importância assegurar o balanceamento de custos, balanceamento esse que deve ocorrer numa primeira fase no início de cada projeto de forma a perceber o que vai ser feito, os recursos e materiais necessários.

Neste caso, neste projeto do caso de estudo mencionado, o objetivo primordial é assegurar que grande parte da sucata gerada pelos vários projetos, é reutilizada dando origem a novos produtos.

Conforme já foi referido ao longo do trabalho, este projeto surgiu então com este objetivo, utilizando para isso os gitos gerados na injeção dos conectores pela secção dos moldes injeção, para produzir copos que irão acondicionar os terminais.

De um ponto de vista económico, um dos principais objetivos é perceber se efetivamente utilizando matéria-prima reciclada (gitos dos conectores) para a produção destes copos, terá a nível de custos vantagem, em vez de adquirir estes mesmos copos no fornecedor.

Os gitos que são então provenientes da injeção dos conectores podem ser de várias matérias-primas estando as suas dimensões representadas na figura 34.

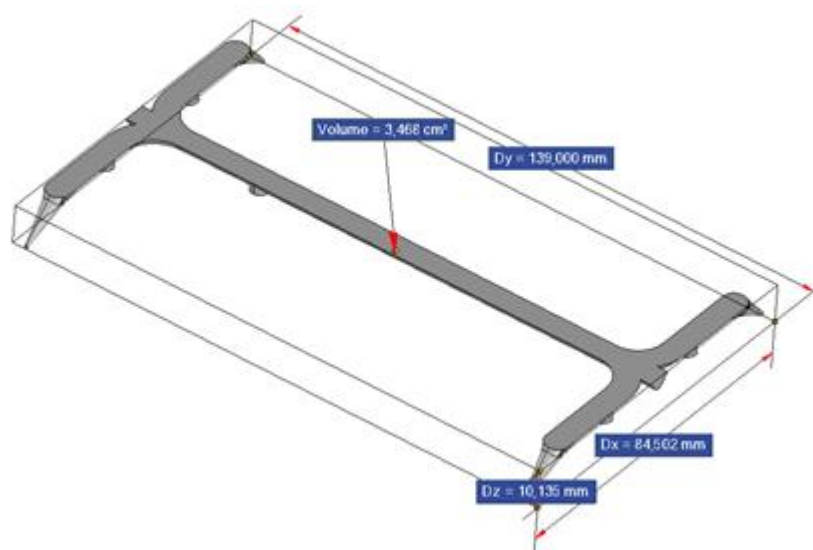


Figura 34- Dimensões do Gito

Consoante a matéria-prima, os custos de sucata inerentes variam, ou seja, por exemplo o PBT possui um custo de 3,68 €/kg, já o PP possui um custo de 3,10 €/kg o que significa que ao fazer-se a reciclagem da matéria-prima dando origem a um novo produto, como por exemplo os copos são custos que são reduzidos.

Estes copos representados na figura 35 podem ter três dimensões no que se refere ao seu diâmetro que são:

- Pequenos com 57 mm;
- Médios com 70 mm;

- Grandes com 100 mm.

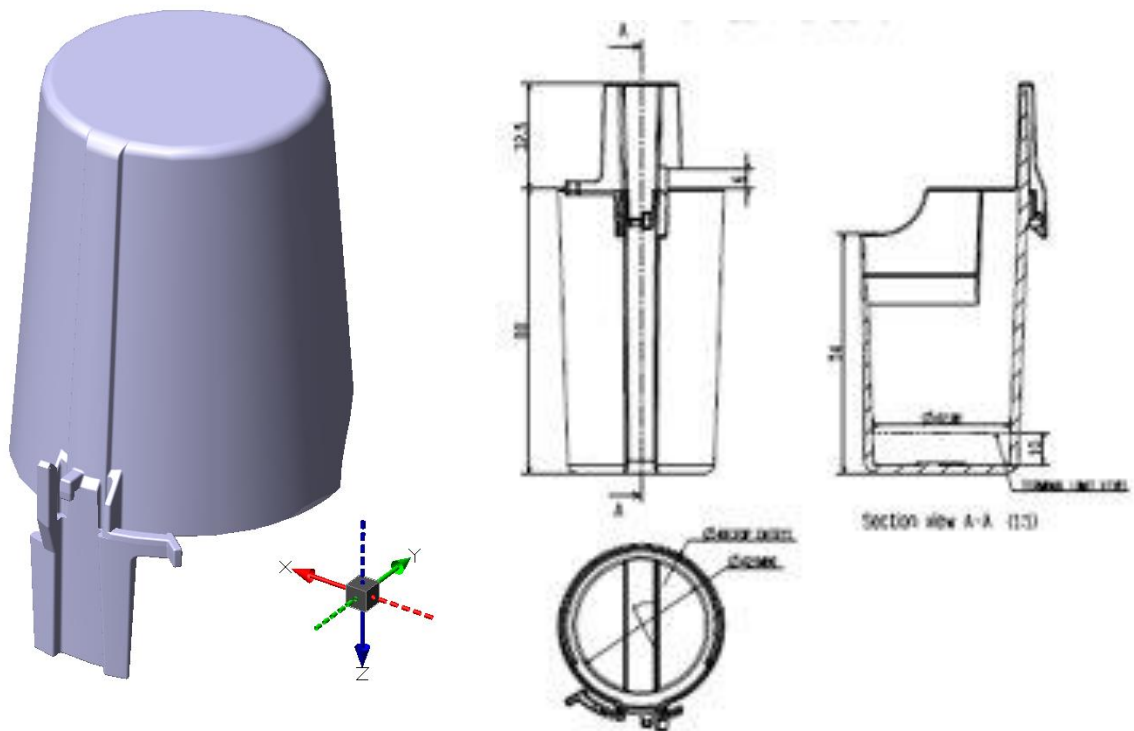


Figura 35- Dimensões do Diâmetro do Copo

No entanto o projeto nesta primeira fase está focado apenas na produção de copos de dimensão pequena.

Posteriormente um dos próximos passos poderá caso exista um aumento de volumes ou necessidade, começar a produzir com outras diferentes dimensões.

Paralelamente à necessidade de utilização dos copos com diferentes diâmetros, encontra-se a procura dos mesmos no que se refere aos seus consumos.

Na tabela 9 encontra-se apresentada uma previsão dos consumos médios anuais para cada um dos diâmetros.

Tabela 9- Consumos médios anuais

	Diâmetro Pequeno	Diâmetro Médio	Diâmetro Grande
Volumes Anuais	343 000	30 000	87 000

Conforme foi referido ao longo do trabalho, inicialmente e antes deste projeto surgir, estes copos eram adquiridos num fornecedor a cujo custo unitário dependia igualmente do diâmetro.

Utilizando o material PP (sendo o custo similar nas restantes matérias-primas), abaixo encontra-se a análise de custos do produto adquirido no fornecedor versus produzido na YAZAKI (utilizando matéria-prima reciclada).

Relativamente aos custos praticados pelo fornecedor, os custos são:

- ❖ 0.18€ por cada copo (diâmetro pequeno);
- ❖ 0.22€ por cada copo (diâmetro médio);
- ❖ 0.24€ por cada copo (diâmetro grande);

Relativamente aos custos praticados pela YAZAKI, os custos são:

- ❖ 0.05€ por cada copo (diâmetro pequeno);
- ❖ 0.12€* por cada copo (diâmetro médio);
- ❖ 0.12€* por cada copo (diâmetro grande);

*para estes copos o custo é ainda uma estimativa, uma vez que conforme se pode verificar o volume para estes tipos de copos é ainda muito baixo comparativamente ao copo pequeno e ainda não foi feito o investimento no molde para produção destas dimensões dos copos.

Partindo agora para uma análise dos custos, entre a produção dos copos pela Yazaki e pelo fornecedor pode concluir-se que:

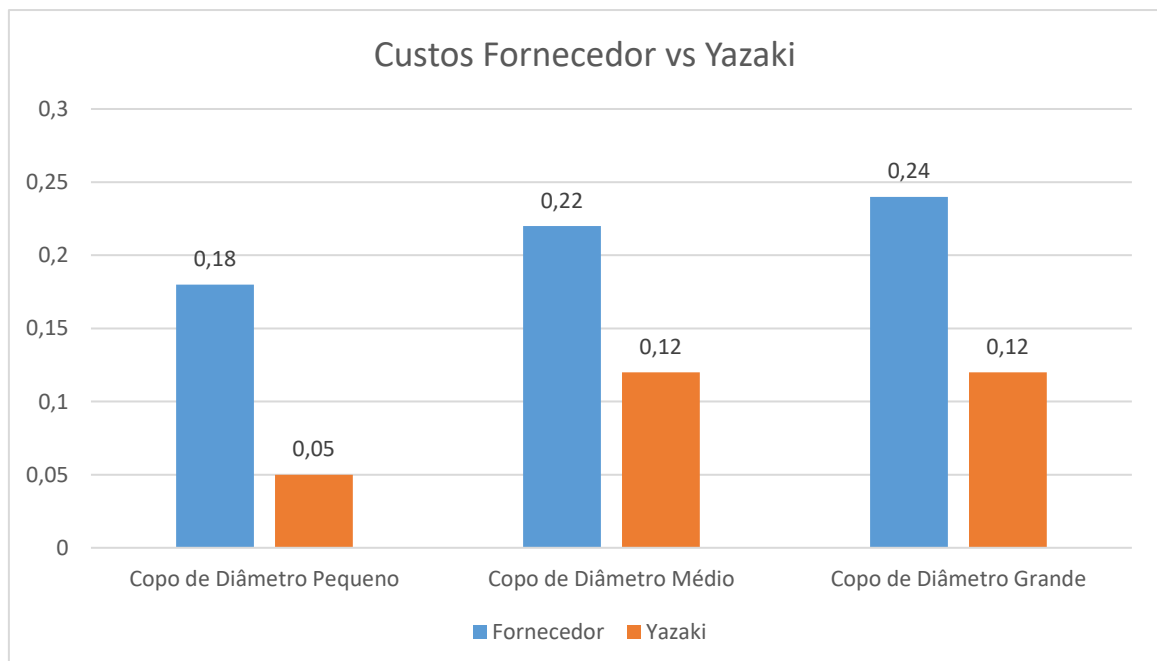


Figura 36- Custo Fornecedor Versus YAZAKI

De acordo com a análise dos dados do gráfico e tendo também por base os volumes apresentados na tabela 9, a redução de custos sendo os copos produzidos na YAZAKI ao invés de serem adquiridos no fornecedor.

É possível ainda verificar que neste momento o copo pequeno é mais rentável, isto é, apresenta um menor custo de produção para a empresa e por outro lado é também o que apresenta até ao momento maior volume de produção.

4.1.2. IMPACTO NO PILAR AMBIENTAL DA SUSTENTABILIDADE

Relativamente ao pilar ambiental são vários os fatores que podem efetivamente impactar, no entanto, em relação a este caso de estudo, o principal aspeto a ser quantificado foi a quantidade de sucata existente na empresa proveniente do material que é rejeitado no processo produtivo.

A quantificação da sucata existente revela uma extrema importância no que diz respeito à sustentabilidade da organização, isto é, através desta monitorização da sucata de resíduos é possível aferir o desperdício de matéria-prima e o conseqüente impacto que esta gera para o meio ambiente.

Com base neste critério foi feito um estudo em que foi efetuado um levantamento da quantidade sucutada bem como a quantidade de matéria-prima reciclada.

No entanto, numa primeira fase e antes de ser feito o levantamento da sucata é importante quantificar a matéria-prima que é consumida.

No gráfico abaixo encontram-se os consumos de cada matéria-prima (%) relativo ao último termo:

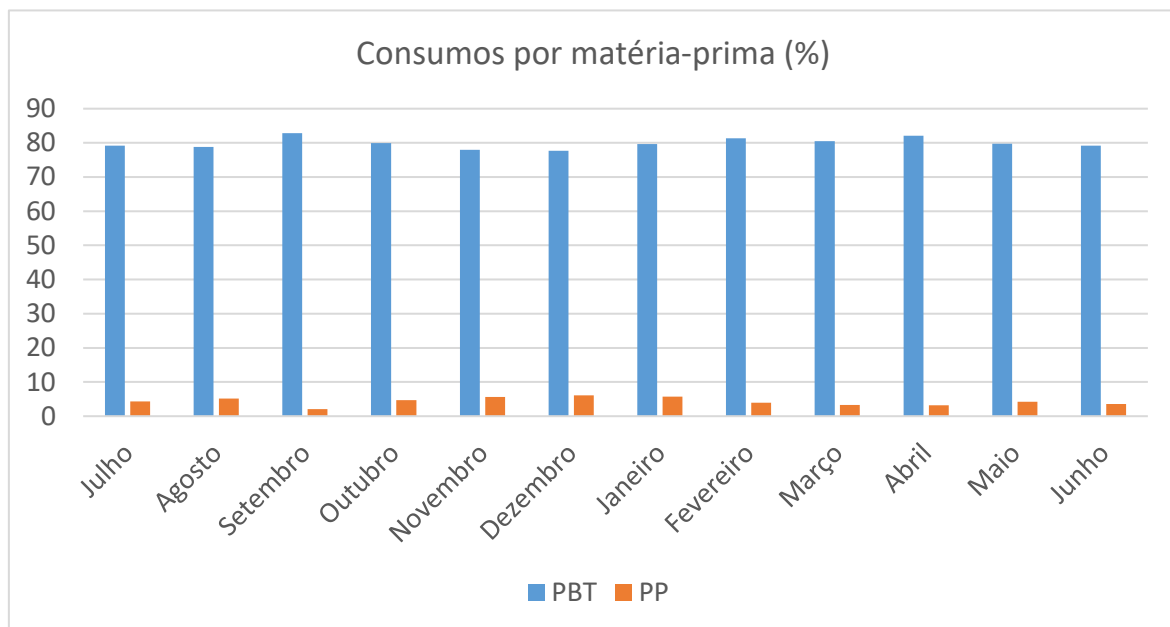


Figura 37- Consumos por matéria-prima (%)

De acordo com o gráfico da figura 37 é possível verificar que existe uma notória diferença relativamente ao consumo do PBT em relação ao PP. Pode ainda constatar-se a alta quantidade de PBT que foi e é consumida.

Tendo-se quantificado a quantidade de matéria-prima consumida, é importante agora quantificar a porcentagem que é sucata, bem como desta quantidade sucata a que é reutilizada novamente e reintegrada no processo produtivo.

Relativamente ao material PBT no gráfico abaixo é possível verificar a porcentagem de sucata gerada.

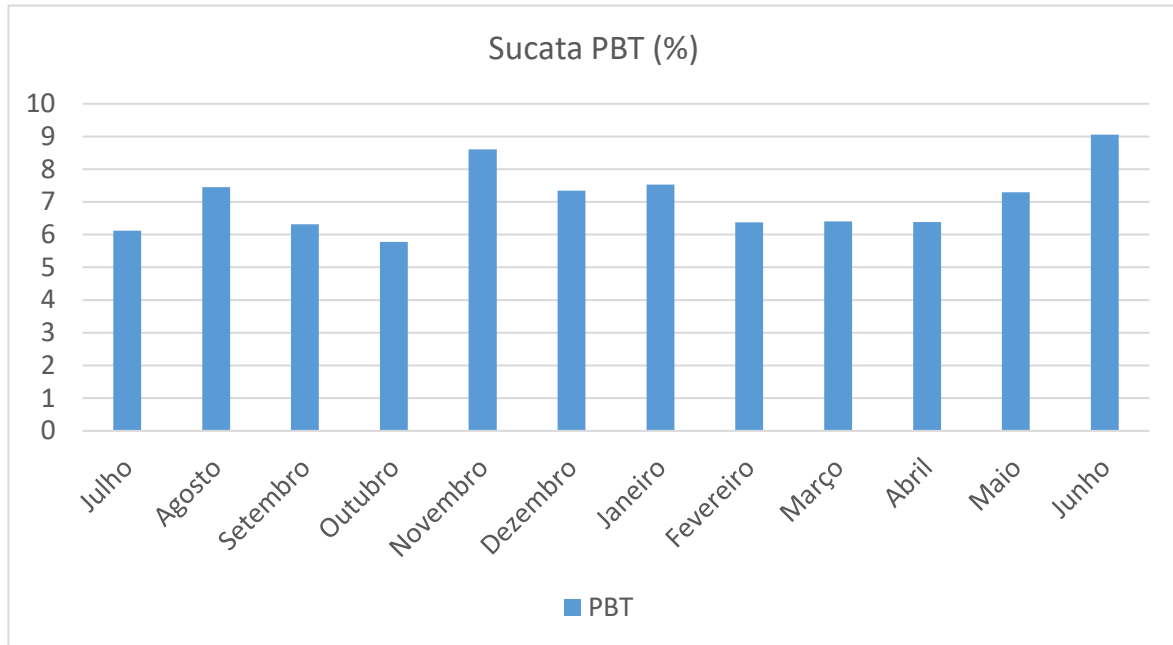


Figura 38- Sucata PBT (%)

Pela análise do gráfico, pode concluir-se que apesar dos valores de sucata não variarem acentuadamente, existe, porém, uma diferença nos meses de novembro e junho em que os valores são ligeiramente superiores.

De igual forma, no que respeita à matéria-prima PP, abaixo no gráfico é igualmente possível verificar a porcentagem de sucata gerada:

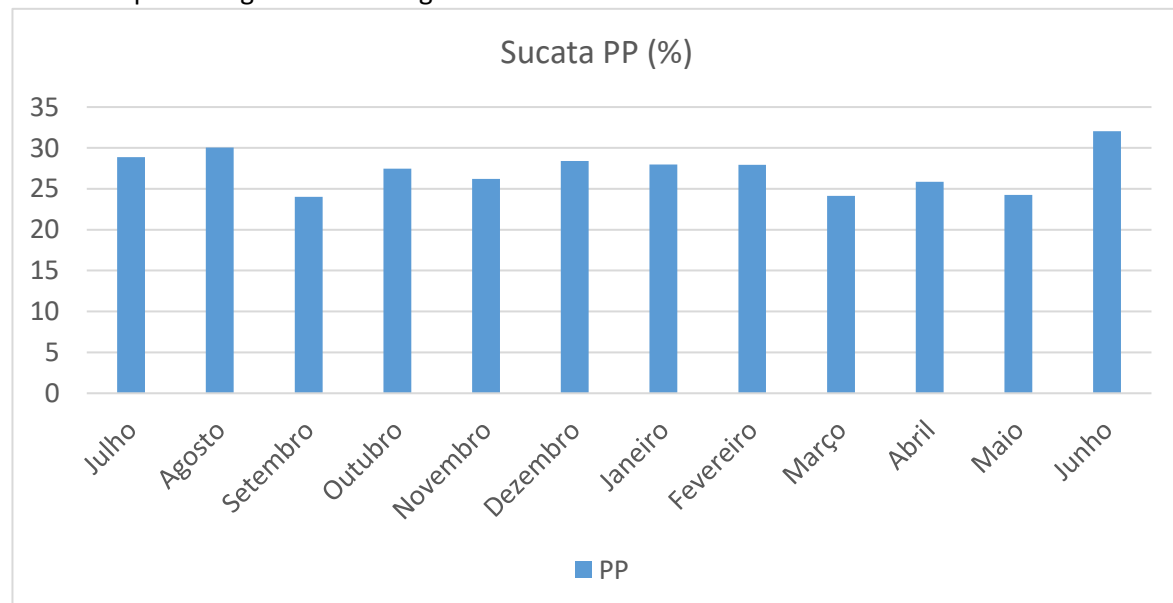


Figura 39- Sucata PP (%)

Segundo é possível constatar pelos gráficos acima, é possível verificar que a % de sucata do PP foi bastante linear no que diz respeito ao longo dos meses, isto é, os valores foram praticamente constantes.

No entanto é também possível verificar uma diferença de valores notória no que diz respeito à quantidade que é sucata do PBT em relação ao PP.

A quantidade de PP que é sucata é bastante superior quando comparada com a do PBT, no entanto é possível por outro lado também aferir que a quantidade que é consumida do PP é substancialmente inferior quando comparada com a do PBT.

Através da análise da quantidade de sucata dos gráficos acima e sabendo o custo por Kg de cada uma das matérias-primas é possível quantificar assim o custo gerado para a empresa com a sucata destes produtos.

Para o PBT sabe-se que:

- Custo/Kg= 3.68€
- Quantidade de sucata anual do período passado= 12509 Kg

Então o custo para a empresa para esta quantidade sucata traduz-se pela equação abaixo:

$$3.68 \times 12509.19 = 46033.12€$$

Para o PP sabe-se que:

- Custo/Kg= 3.10€
- Quantidade de sucata anual do período passado= 3587 Kg

Então o custo para a empresa para esta quantidade sucata traduz-se pela equação abaixo:

$$3.10 \times 3587 = 11119.7 €$$

No entanto, como é expectável, estes valores não são na sua integra poupados quando o material é reaproveitado, existem custos para os equipamentos, custos relativos ao tempo que os operadores demoram a separar os gitos para se poder reciclar entre outros custos indiretos como energia, custos logísticos, entre outros.

4.1.3. IMPACTO NO PILAR SOCIAL DA SUSTENTABILIDADE

Relativamente ao pilar social, este foi sem dúvida o pilar em que a avaliação do impacto implicou maior dificuldade devido também à fase preliminar em que o projeto se encontra.

Conforme foi possível verificar ao longo do trabalho, existem alguns indicadores que permitem avaliar o impacto deste pilar da sustentabilidade, no entanto diretamente relacionados com este projeto dos copos, o estudo deste pilar foi realizado mais numa perspetiva futura do projeto.

No que respeita à aplicabilidade destes copos, existem muitas outras ou até uma grande maioria das fábricas YAZAKI que produzem cabelagens que necessitam de proteção dos terminais (motivo da aplicação destes copos).

Relativamente à expansão deste projeto, uma hipótese considerada foi ao invés de produzir estes copos apenas para utilização interna, passar a vender os mesmos a outras fábricas, no entanto é algo que ainda não foi totalmente comprovado pois para ser possível vender a outras fábricas teria de ser feito um investimento a nível de equipamentos, mão de obra, entre outros custos associados, dado ao aumento de produção.

No entanto e caso este produto venha a ser vendido a outras fábricas é necessário repensar e fazer um novo balanceamento de recursos, quer humanos, quer de equipamentos, quer de processo conforme sucintamente descrito na figura 40.

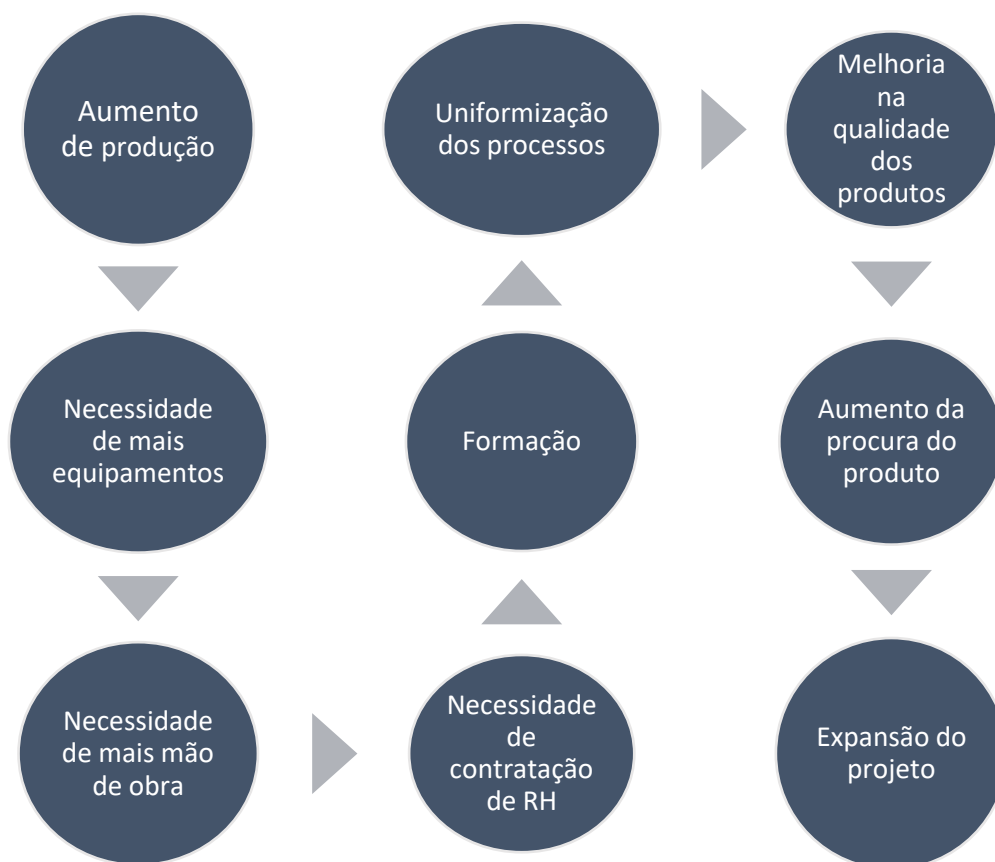


Figura 40- Expansão do projeto

De acordo com a figura 40, para o projeto descrito acima no caso de existir um aumento da produção destes copos que até ao momento estão a utilizar matéria-prima reciclada, não pelo aumento da sucata, mas sim porque até ao momento foram realizados testes para o PBT, PP e HPA, no entanto existem outros materiais que estão a ser estudados no sentido de perceber se os mesmos podem ser igualmente reaproveitados.

Esta matéria-prima (gitos dos conectores) que é dada como sucata e acarreta custos para a organização, mas que por outro lado pode trazer uma vantagem competitiva para a organização no sentido de que sendo reaproveitados, geram novos produtos contribuindo assim para a redução da pegada ecológica e tendo ainda utilidade para muitas outras fábricas Yazaki que produzem cabelagens.

Assim e conforme já referido acima, na hipótese de existir um aumento na produção destes copos quer para expedir quer para utilização interna, torna-se então necessário adequar os recursos. Referente aos recursos humanos, têm de possuir formação para operar neste projeto de modo a poder desempenhar as suas tarefas com qualidade.

Aqui uma sugestão de medida de contratação sustentável seria optar por um lado aproveitar a mão de obra interna através de concursos internos, mas também tentar uma medida incorporativa e contratar para os postos de trabalho, colaboradores que possuem um grau incapacidade que lhes permita realizar tarefas diferentes das quais foram impedidos de realizar por motivos de saúde.

Por outro lado, para além da oportunidade de negócio para a organização em produzir estes produtos internamente, é também a nível social uma oportunidade de padronizar este processo a outras fábricas, isto é, as outras fábricas Yazaki e outras poderem utilizar as suas sucatas para dar origem a novos produtos.

Assim, de acordo com a figura 41, sugere-se que com base neste projeto específico, o impacto ao nível social traduz-se por um lado pela valorização dos recursos internos isto no caso de se passar a vender o produto (copos) a outras fábricas, e por outro lado com a estandardização e envolvimento de outras fábricas, no sentido de incrementarem este processo de reaproveitamento e reciclagem de matéria-prima nos seus processos produtivos.

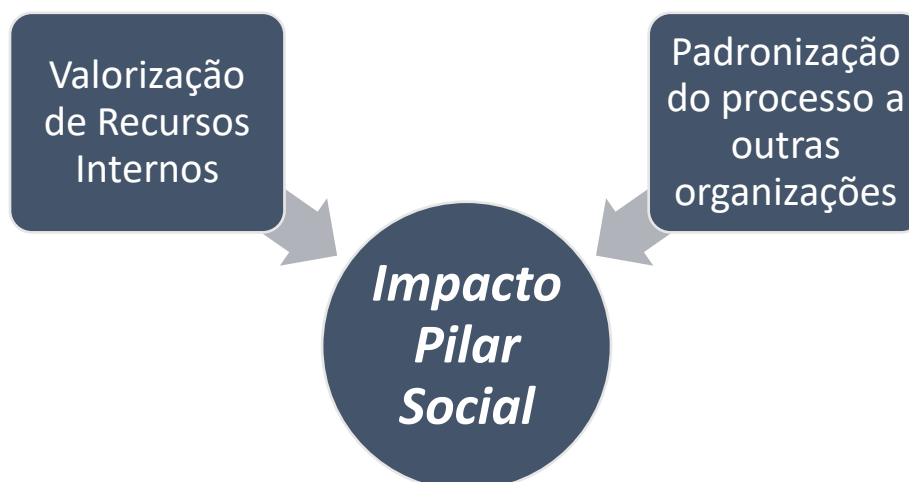


Figura 41- Impacto Pilar Social

4.2. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.2.1. RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Relativamente à análise da revisão bibliográfica, no que diz respeito à possível integração do Lean Green e da Economia Circular para a Sustentabilidade da organização, conforme foi possível verificar ao longo do trabalho pela literatura não parece ainda haver um consenso sobre esta integração.

Se por um lado foi possível verificar que segundo alguns autores existe uma integração, foi também possível verificar por outros autores algumas barreiras condicionantes.

No que se refere ao Lean Green, de acordo com os autores Martínez León & Calvo-Amodio (2017) a “implementação da filosofia Lean Green ajuda a melhorar o desempenho verde, ou seja, ambiental e a reduzir o impacto negativo no processo produtivo das organizações” e de acordo com os autores King & Lenox (2001), entre outros autores: “o Lean e o Green integram-se na melhoria do desempenho triple bottom line (três pilares da sustentabilidade: ambiental, económico e social)”.

Por outro lado, segundo os autores Cherrafi et al. (2016) e Tafazzoli et al. (2020) existem ainda barreiras que podem condicionar a implementação desta filosofia (lean green) que de uma forma mais sucinta se apresentam abaixo:

- Liderança e gestão, onde se pode inserir por um lado a falta de comunicação entre equipas de trabalho, mas também por outro ponto de vista a falta de apoio e envolvimento da gestão de topo;
- Comprometimento dos funcionários, ou seja, pode existir despreocupação ou desinteresse para com a melhoria contínua;
- Mentalidade e atitude, a própria cultura da empresa tem uma grande importância no sentido de incrementar a resistência à mudança;
- Abordagem integrada, ou seja, a existência da separação de áreas ambientais e de melhoria contínua dificulta a integração desta metodologia;
- Técnicas e ferramentas, neste ponto pode resultar da falta de planeamento, mas também de falta de formação e sensibilização adequada aos colaboradores.

Desta forma, e tal como referido acima, é possível verificar que existem ainda algumas lacunas no que diz respeito ao impacto do Lean Green na Economia Circular e na Sustentabilidade.

No entanto, no que se refere à integração do Lean Green e da Economia Circular foi possível verificar ao longo do presente trabalho e dos dados apresentados que estes podem integrar-se na medida em que partilham de objetivos comuns, isto é:

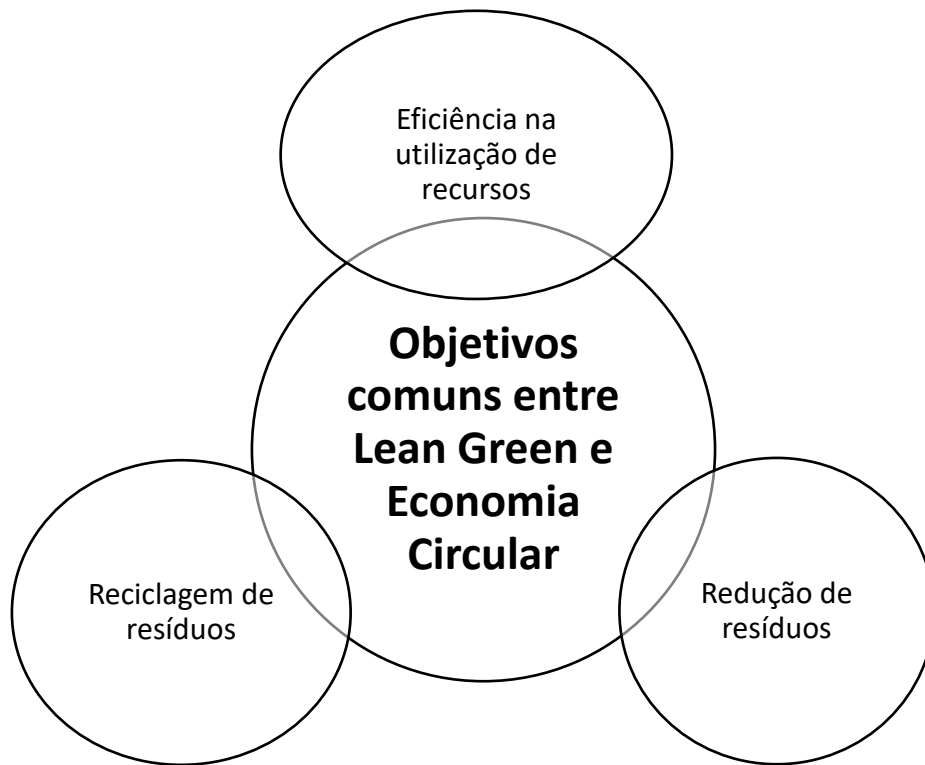


Figura 42- Objetivos comuns Lean Green e Economia Circular

Ora, incorporando a sustentabilidade três pilares: ambiental, económico e social, e de acordo com os objetivos mencionados, leva a crer que existe integração pelo menos mais notória do Lean Green e Economia Circular com a Sustentabilidade essencialmente no pilar ambiental.

Ao fazer uma análise em mais detalhe e tendo como base o exemplo prático estudado ao longo do trabalho é possível notar que se existir redução de resíduos (sucata), otimização dos mesmos a ainda reciclagem conforme foi possível verificar, irá originar uma consequente redução de custos para a organização e impactar assim no pilar económico da Sustentabilidade.

Por fim e não menos importante existe o pilar social da Sustentabilidade. Este é segundo a literatura o que exige ainda maior investigação, talvez porque também é o mais difícil de quantificar o seu impacto.

No entanto, uma perspectiva de aplicação prática, é possível verificar o seu impacto através por exemplo da adequação dos postos de trabalho, práticas de trabalho, direitos humanos entre outros.

4.2.2. RESULTADOS DO CASO DE ESTUDO (IMPACTO NOS TRÊS PILARES DA SUSTENTABILIDADE)

No que se refere à análise dos resultados do caso de estudo apresentados no capítulo 4.1, foi possível verificar a possível integração dos conceitos Lean Green, Economia Circular e o impacto destes na Sustentabilidade da organização através da análise do impacto em cada um dos pilares.

Ao utilizar os resíduos provenientes do processo produtivo (um dos objetivos comuns entre o Lean Green e a Economia Circular) para dar origem aos copos para proteção dos terminais, do ponto de vista do pilar económico, foi possível verificar que com este projeto existe uma redução de custos, face ao que era praticado inicialmente quando os copos eram adquiridos num fornecedor.

Estes copos, inicialmente comprados a um fornecedor, acarretavam para a organização um custo extra, pois uma vez que este projeto ainda se encontra numa fase inicial e os copos são apenas utilizados para uso interno, não havia um grande retorno do investimento dos mesmos.

De um ponto de vista ambiental, foi feita uma análise à matéria-prima que é consumida face à que é sucutada, sendo estimado o custo da sucata que pode ser poupado, não desprezando outros custos inerentes à produção.

Nesta fase pode ser verificada a relação entre estes dois pilares da sustentabilidade económico e ambiental pois para além de se reduzir o impacto da pegada ambiental da organização, utilizam-se os resíduos, de forma a dar origem a um novo produto.

Conforme foi referido acima, este projeto ainda se encontra numa fase inicial, pelo que os volumes de procura dos mesmos ainda não são muito elevados.

No entanto e conforme foi analisado no pilar social, existe a possibilidade de padronização deste projeto a outras fábricas YAZAKI ou até mesmo a venda dos copos no mercado o que faz com que haja um aumento da procura dos mesmos e conseqüentemente um aumento de produção, diminuição da quantidade de resíduos dado que irão ser utilizados na produção dos copos.

Ao existir este aumento de procura, leva que haja um impacto no pilar social uma vez que ao existir uma maior produção, tem de existir uma nova e ajustada alocação dos recursos quer humanos quer de equipamentos, quer de layout. Para além dos recursos necessários terá de existir uma uniformização dos métodos de trabalho e formação dos novos colaboradores.

Desta forma, com base na análise do impacto em cada um dos três pilares da Sustentabilidade, foi possível verificar que quanto aos pilares ambiental e económico este projeto revela ter impacto na Sustentabilidade da organização, quanto ao pilar social, ainda que possa a vir a ter impacto no decorrer do projeto é ainda nesta fase mais complexo de quantificar, o que segundo a literatura é sustentado por alguns autores a ideia de que o pilar social ainda carece de investigação.

5. CONCLUSÃO

No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do trabalho realizado, bem como apresentadas as limitações encontradas durante a investigação e ideias/propostas para trabalhos futuros.

5.1. CONCLUSÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo avaliar a possibilidade de integração dos conceitos Lean Green e Economia Circular bem como avaliar o impacto na Sustentabilidade da organização.

Como complemento à temática em questão, existem ainda duas questões secundárias cujo objetivo era que ao longo do desenvolvimento do trabalho fossem respondidas:

1. De que forma se relaciona o conceito de economia circular com os três pilares da sustentabilidade?
2. Qual o impacto do lean green e da economia circular no ciclo de vida do produto?

Desta forma, o presente trabalho, utilizando a metodologia Action-Research teve início com a análise e seleção de dados por meio da análise da literatura, onde conforme foi referido ao longo do trabalho, é uma temática que para além da vasta investigação realizada neste âmbito, ainda carece de sustentação. Se por um lado existem autores que defendem a integração entre os temas, por outro lado, para outros autores existem ainda barreiras e lacunas.

Após a análise da literatura e seleção da informação, esta foi aplicada por meio da utilização de um caso de estudo, ou seja, de um projeto já iniciado na Yazaki, de forma a poder ser mais intuitivo perceber o impacto por meio de uma análise de dados reais.

Nesta aplicação prática, foi então utilizado um projeto de produção de copos para acondicionamento de terminais que estão presentes nas cabelagens que integram os nossos automóveis, utilizando para isso matéria-prima reciclada, isto é, a partir da utilização de desperdícios do processo (gitos) esta matéria é reaproveitada e reintroduzida de novo no processo produtivo.

Ora, neste sentido foi possível verificar que os conceitos Lean Green e Economia Circular se integram, no sentido na busca pela redução do desperdício aliado ao reaproveitamento do mesmo, levando à redução da pegada ecológica da organização.

No que respeita à Sustentabilidade, de forma a avaliar o impacto deste projeto e de forma a responder a uma das questões secundárias do trabalho “de que forma se relaciona o conceito de economia circular com os três pilares da sustentabilidade?”, foi realizada uma análise de cada uma das dimensões da Sustentabilidade: ambiental, social e económica. Desta forma, foi possível concluir que existe de facto impacto ao nível quer ambiental quer económico.

O pilar social é com base na literatura o que carece ainda de mais investigação, dificultando a quantificação do seu impacto, talvez devido também ao facto do projeto ainda se encontrar numa fase preliminar, no entanto, foi analisado com base numa perspetiva futurista.

Assim sendo com base na análise, teórica e prática da dissertação foi possível dar resposta à questão de investigação.

Relativamente à segunda questão “Qual o impacto do lean green e da economia circular no ciclo de vida do produto?”, foi possível perceber através de casos de estudos já realizados por meio de ferramentas Lean aplicadas (TPM, VSM, 5S’s entre outras) que é possível reduzir o desperdício na organização, quer este seja desperdício ao nível de matéria-prima, quer ao nível de recursos, por exemplo, nos equipamentos que derivado ao seu elevado tempo de setup, impacta consequentemente no ciclo de vida do produto. Por outro lado, foi também possível perceber que é possível reutilizar matéria-prima, devolvendo-a e reintegrando-a novamente no processo produtivo sem que a mesma perca as suas propriedades mecânicas e funcionais.

A aplicação prática por meio de um caso de estudo, tornou-se extremamente importante no momento de perceber o impacto destes conceitos, pois foi possível analisar dados da organização bem como analisar o processo no chão de fábrica, permitindo a exploração de processos diferentes de uma secção em que habitualmente não trabalhamos no dia-a-dia.

5.2. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO

No decorrer da investigação, foram detetadas algumas limitações que devem e podem também servir para trabalho futuro.

No que diz respeito à análise da literatura, é notória a necessidade de investigação de alguns conceitos. Estando o tema deste trabalho relacionado com a integração do Lean Green e da Economia Circular para a Sustentabilidade da organização, se por um lado no que respeita à temática do Lean Green existe bastante informação disponível, desde artigos, publicações, teses, casos de estudo entre outros, o mesmo não se aplica no caso da sustentabilidade.

Ora, falando da Sustentabilidade de forma global, existe uma diversa gama de informação acessível, no entanto ao pesquisar pelo triple bottom line, abordando cada um dos pilares: económico, ambiental e social não é tão linear.

Relativamente ao pilar social, este carece ainda de investigação essencialmente à sua aplicabilidade prática, no que diz respeito por exemplo à análise do impacto que este pode ter, tendo por base a aplicação de indicadores.

No entanto, por outro lado, segundo a literatura foi também possível perceber que existe já uma vasta investigação destes conceitos, existindo inclusive muitos trabalhos já desenvolvidos nesse sentido como casos de estudo realizados em empresas e que revelam de uma forma mais prática e realista a forma como aplicar e medir a possível integração destes conceitos, bem como o impacto da mesma integração.

Nesta ótica, para esta dissertação, foi utilizado um caso prático da empresa Yazaki, um projeto que foi iniciado pela fábrica e que contribuiu para que fosse possível validar os objetivos do trabalho, isto é, perceber se integrando o Lean e a Economia Circular, esta integração traria impacto para a Sustentabilidade.

Foi possível mensurar o impacto ao nível dos pilares económico e ambiental, no entanto a avaliação do pilar social, constituiu também na parte prática do trabalho a maior limitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review. *Sustainability*, *12*(3), 981. <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Agyabeng-Mensah, Y., Tang, L., Afum, E., Baah, C., & Dacosta, E. (2021). Organisational identity and circular economy: Are inter and intra organisational learning, lean management and zero waste practices worth pursuing? *Sustainable Production and Consumption*, *28*, 648–662. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.018>
- Alsayegh, M. F., Abdul Rahman, R., & Homayoun, S. (2020). Corporate Economic, Environmental, and Social Sustainability Performance Transformation through ESG Disclosure. *Sustainability*, *12*(9), 3910. <https://doi.org/10.3390/su12093910>
- Alves, J. R. X., & Alves, J. M. (2015). Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research*, *53*(17), 5320–5333. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1033032>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, *41*, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>
- Badurdeen, F., & Jawahir, I. S. (2017). Strategies for Value Creation Through Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, *8*, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.002>
- Bergmiller, G. G., & McCright, P. R. (sem data). *Are Lean and Green Programs Synergistic?* 6.
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research

- directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79–92.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: An empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: A case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5–6), 353–368.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Daub, C.-H. (2007). Assessing the quality of sustainability reporting: An alternative methodological approach. *Journal of Cleaner Production*, 15(1), 75–85.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.08.013>
- De Mendonca, T. R., & Zhou, Y. (2019). Environmental Performance, Customer Satisfaction, and Profitability: A Study among Large U.S. Companies. *Sustainability*, 11(19), 5418.
<https://doi.org/10.3390/su11195418>
- Dias, L. (2006). *Análise da utilização dos indicadores do Global Reporting Initiative nos relatórios sociais em empresas brasileiras*.
- Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A., & Anosike, A. (2019). The relationship between lean and environmental performance: Practices and measures. *Journal of Cleaner Production*, 224, 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.243>
- Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2017). *An investigation of lean and green supply chain in the Industry 4.0*. 11.

- Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M. (2013a). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93–100.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.023>
- Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M. (2013b). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93–100.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.023>
- Ejsmont, K., Gladysz, B., & Kluczek, A. (2020). Impact of Industry 4.0 on Sustainability—Bibliometric Literature Review. *Sustainability*, 12(14), 5650.
<https://doi.org/10.3390/su12145650>
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>
- Fercoq, A., Lamouri, S., & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, 137, 567–578.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.107>
- Garza-Reyes, J. A., Villarreal, B., Kumar, V., & Molina Ruiz, P. (2016). Lean and green in the transport and logistics sector – a case study of simultaneous deployment. *Production Planning & Control*, 27(15), 1221–1232. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1197436>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Goodship, V., Arburg (Firm), & Rapra Technology Limited (Eds.). (2004). *Practical guide to injection moulding*. Rapra Technology.
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: Their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, 56, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.038>

- Henri, J.-F., & Journeault, M. (2010). Eco-control: The influence of management control systems on environmental and economic performance. *Accounting, Organizations and Society*, 35(1), 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2009.02.001>
- Inman, R. A., & Green, K. W. (2018). Lean and green combine to impact environmental and operational performance. *International Journal of Production Research*, 56(14), 4802–4818. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1447705>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. D. M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Johansson, N., & Henriksson, M. (2020). Circular economy running in circles? A discourse analysis of shifts in ideas of circularity in Swedish environmental policy. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.005>
- King, A. A., & Lenox, M. J. (2001). Does It Really Pay to Be Green? An Empirical Study of Firm Environmental and Financial Performance: An Empirical Study of Firm Environmental and Financial Performance. *Journal of Industrial Ecology*, 5(1), 105–116. <https://doi.org/10.1162/108819801753358526>
- King, A. A., & Lenox, M. J. (2009). LEAN AND GREEN? AN EMPIRICAL EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE. *Production and Operations Management*, 10(3), 244–256. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2001.tb00373.x>
- Kordoghli, B., & Moussa, A. (2013). Effect of wastes on changeover time in garment industry. *2013 5th International Conference on Modeling, Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICMSAO.2013.6552584>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

- Kundgol, S., Petkar, P., & Gaitonde, V. N. (2021). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 46, 4640–4646. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.282>
- Kurdve, M., & Bellgran, M. (2021). Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123223. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123223>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Lim, M. K., Lai, M., Wang, C., & Lee, S. Y. (2022a). Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach. *Sustainable Production and Consumption*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.001>
- Lim, M. K., Lai, M., Wang, C., & Lee, S. Y. (2022b). Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.001>
- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity: Product-Level Circularity Metric. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545–558. <https://doi.org/10.1111/jiec.12552>
- Martínez León, H. C., & Calvo-Amodio, J. (2017). Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective. *Journal of Cleaner Production*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.132>
- Mor, R. S., Singh, S., & Bhardwaj, A. (2015). Learning on Lean Production: A Review of Opinion and Research within Environmental Constraints. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 61–72. <https://doi.org/10.31387/oscm0230161>

- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: Why now and what next? *International Journal of Operations & Production Management*, 19(2), 205–228. <https://doi.org/10.1108/01443579910247437>
- Ng, R., Low, J. S. C., & Song, B. (2015). Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production*, 95, 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.043>
- Pampanelli, A. B., Found, P., & Bernardes, A. M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Pieroni, M. P. P., McAlloone, T. C., & Pigosso, D. C. A. (2021). Circular economy business model innovation: Sectorial patterns within manufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*, 286, 124921. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124921>
- Rahima Shabeen, S., & Aravind Krishnan, K. (2022). Application of lean manufacturing using value stream mapping (VSM) in precast component manufacturing: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1105–1111. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.159>
- Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 162, 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.026>
- ŞahiN, R., & Koloğlu, A. (2022). A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line. *Gazi University Journal of Science*, 35(1), 60–71. <https://doi.org/10.35378/gujs.735969>

- Schultze, W., & Trommer, R. (2012). The concept of environmental performance and its measurement in empirical studies. *Journal of Management Control*, 22(4), 375–412. <https://doi.org/10.1007/s00187-011-0146-3>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Siegel, R., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A., & Lameijer, B. (2019). Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118205>
- Silva, S., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Santos, G. (2020). Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study. Em M. Rossi, M. Rossini, & S. Terzi (Eds.), *Proceedings of the 6th European Lean Educator Conference* (Vol. 122, pp. 211–219). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_21
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sousa-Zomer, T. T., Magalhães, L., Zancul, E., & Cauchick-Miguel, P. A. (2018). Exploring the challenges for circular business implementation in manufacturing companies: An empirical investigation of a pay-per-use service provider. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.033>

- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Tafazzoli, M., Mousavi, E., & Kermanshachi, S. (2020). Opportunities and Challenges of Green-Lean: An Integrated System for Sustainable Construction. *Sustainability*, 12(11), 4460. <https://doi.org/10.3390/su12114460>
- Taleb, M. A., & Al Farooque, O. (2021). Towards a circular economy for sustainable development: An application of full cost accounting to municipal waste recyclables. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124047>
- Tasdemir, C., & Gazo, R. (2018). A systematic literature review for better understanding of lean driven sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/su10072544>
- Tudo sobre Plásticos. (s.d) PBT. <https://www.tudosobreplasticos.com/materiais/pbt.asp>
- Viles, E., Kalemkerian, F., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Santos, J. (2022). Theorizing the Principles of Sustainable Production in the context of Circular Economy and Industry 4.0. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 1043–1058. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.024>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (sem data). *The Machine That Changed The World*. 11.
- Yildiz Çankaya, S., & Sezen, B. (2019). Effects of green supply chain management practices on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 98–121. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0099>

ANEXO A

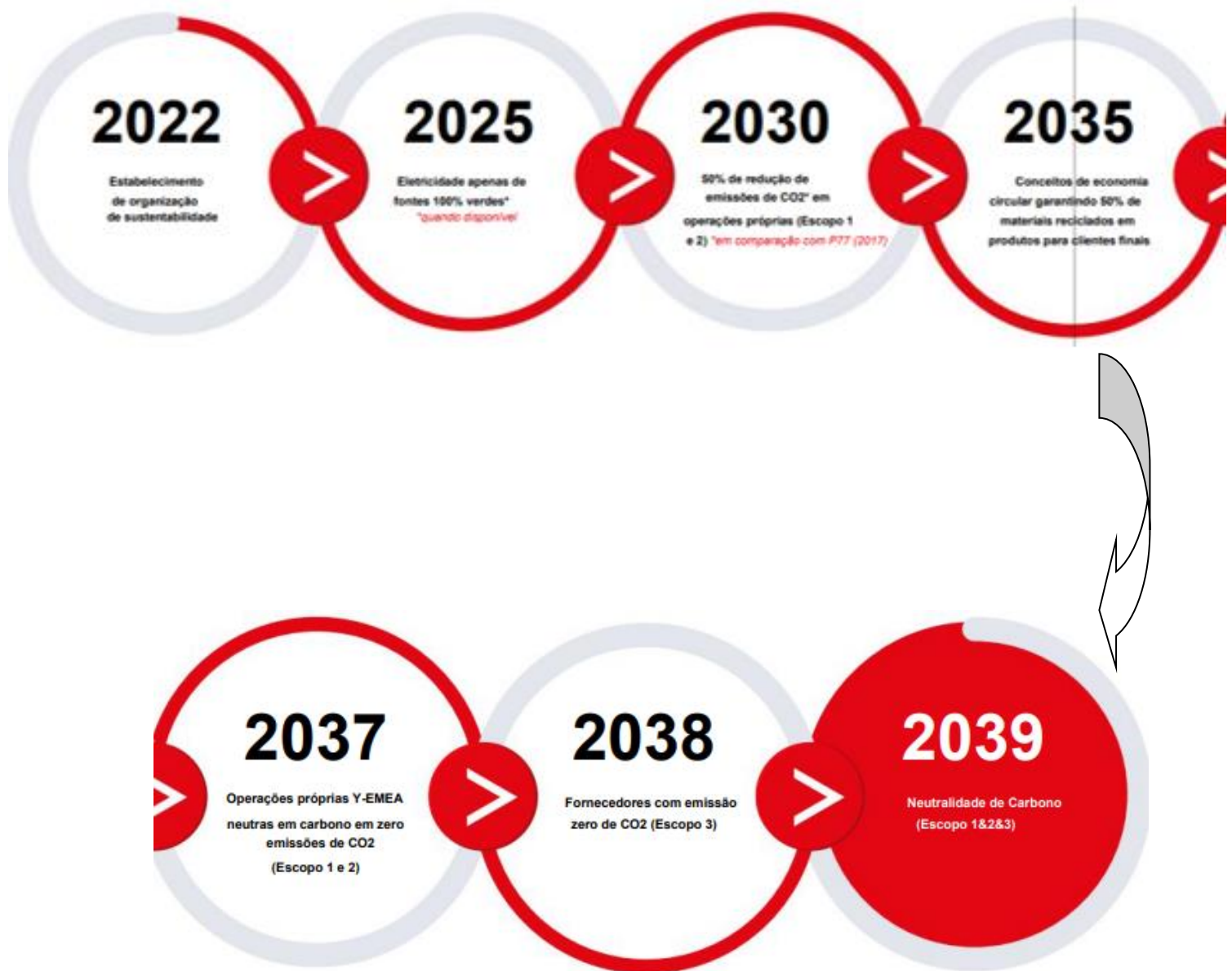


Figura 43- Metas Sustentabilidade YAZAKI

ANEXO B

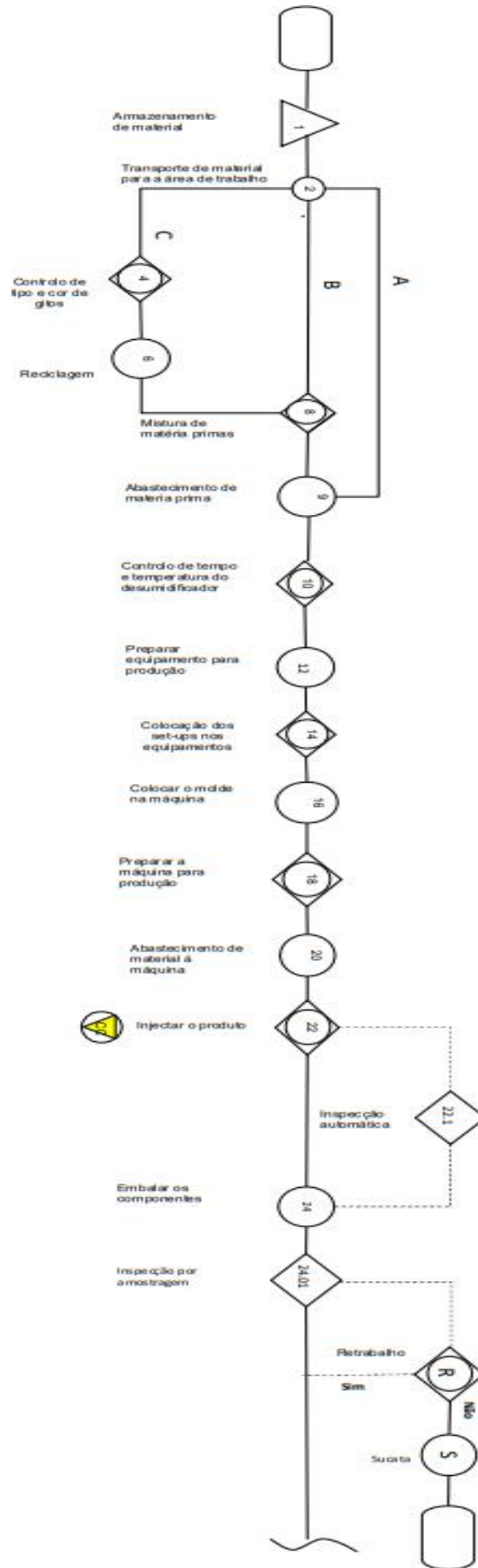


Figura 44- Fluxo Processo de Injeção

ANEXO C

TALCOPRENE® 1540TL1 NERO - PP

Description

Polypropylene, homopolymer, 40% mineral filled.

Physical properties	Value	Unit	Test Standard
Density	1290	kg/m ³	ISO 1183
Melt flow rate, MFR	15	g/10min	ISO 1133
MFR temperature	230	°C	ISO 1133
MFR load	2.16	kg	ISO 1133

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile modulus	3900	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile stress at break, 5mm/min	27	MPa	ISO 527-2/1A
Tensile strain at break, 5mm/min	5	%	ISO 527-2/1A
Flexural modulus, 23 °C	3800	MPa	ISO 178
Flexural strength, 23 °C	47	MPa	ISO 178
Izod impact notched, 23 °C	2.2	kJ/m ²	ISO 180/1A

Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
Vicat softening temperature, 50 °C/h 50N	100	°C	ISO 306
Flammability @1.6mm nom. thickn.	HB	class	UL 94

Typical injection moulding processing conditions

Pre Drying	Value	Unit
Drying time	2 - 3	h
Drying temperature	80 - 100	°C

Temperature	Value	Unit
Zone1 temperature	190 - 210	°C
Zone2 temperature	210 - 230	°C
Zone3 temperature	220 - 240	°C
Nozzle temperature	230 - 250	°C
Mold temperature	30 - 60	°C

Other text information

Longer pre-drying times/storage

This product should be stored in a covered facility and kept away from moisture and heat.

Characteristics

Product Categories	Processing
Mineral reinforced	Injection molding

Figura 45- Ficha Técnica PP

ANEXO D

Product Information

DuPont™ Crastin® PBT

thermoplastic polyester resin

Crastin® SK602 NC010

Crastin® SK602 NC010 is a 15% glass fiber reinforced, lubricated polybutylene terephthalate resin for injection molding.

Property	Test Method	Units	Value
Identification			
Resin Identification	ISO 1043		PBT-GF15
Part Marking Code	ISO 11469		>PBT-GF15<
Mechanical			
Stress at Break	ISO 527	MPa (kpsi)	109 (15.8)
Strain at Break	ISO 527	%	3.5
Tensile Modulus	ISO 527	MPa (kpsi)	5800 (840)
Tensile Creep Modulus	ISO 899	MPa (kpsi)	
1h			5300 (769)
1000h			4300 (624)
Flexural Modulus	ISO 178	MPa (kpsi)	5200 (750)
Flexural Strength	ISO 178	MPa (kpsi)	160 (23.2)
Notched Charpy Impact Strength	ISO 179/1eA	kJ/m ²	
-40°C (-40°F)			7
-30°C (-22°F)			7
23°C (73°F)			7
Unnotched Charpy Impact Strength	ISO 179/1eU	kJ/m ²	
-40°C (-40°F)			40
-30°C (-22°F)			45
23°C (73°F)			45

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

Figura 46- Ficha Técnica PBT - Propriedades Mecânicas

ANEXO E

Product Information

Crastin® SK602 NC010

Property	Test Method	Units	Value
Thermal			
Deflection Temperature 0.45MPa	ISO 75f	°C (°F)	220 (428)
1.80MPa			200 (392)
Melting Temperature 10°C/min	ISO 11357-1/-3	°C (°F)	225 (437)
CLTE, Normal 23 - 55°C (73 - 130°F)	ISO 11359-1/-2	E-4/C (E-4/F)	1.10 (0.61)
CLTE, Parallel 23 - 55°C (73 - 130°F)	ISO 11359-1/-2	E-4/C (E-4/F)	0.50 (0.28)
Vicat Softening Temperature 10N	ISO 306	°C (°F)	221 (429)
50N			205 (401)
Hot Ball Pressure Test Plate 3mm	VDE 0470	°C	210
Electrical			
Surface Resistivity	IEC 60093	ohm	1E15
Relative Permittivity 1E2 Hz	IEC 60250		4.1
1E6 Hz			3.5
Volume Resistivity	IEC 60093	ohm m	>1E13
Dissipation Factor 1E2 Hz	IEC 60250	E-4	20
1E6 Hz			200
Electric Strength 1.0mm	IEC 60243-1	kV/mm (V/mil)	27 (685)
20s, Plate 2mm			17 (431)

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
 ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
 Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

Figura 47- Ficha Técnica PBT - Propriedades Térmicas e Elétricas

ANEXO F

Product Information

Crastin® SK602 NC010

Property	Test Method	Units	Value
Electrical			
Electrolytical Corrosion Plate 4mm	IEC 60426		A1
CTI	IEC 60112	V	350
CTI	UL 746A	V	
3.0mm			250
CTI M	IEC 60112		
Plate 4mm			200 M
Flammability			
Flammability Classification 1.5mm	IEC 60695-11-10		HB
Flammability Classification 1.5mm	UL94		HB
Oxygen Index	ISO 4589-1/-2	%	19
Glow Wire Flammability Index 3.0mm	IEC 60695-2-1	°C	750
High Amperage Arc Ignition Resistance 1.5mm	UL 746A	arcs	60
3.0mm			60
6.0mm			60
Hot Wire Ignition 1.5mm	UL 746A	s	15
3.0mm			15
6.0mm			60
Temperature Index			
RTI, Electrical 0.75mm	UL 746B	°C	130
RTI, Impact 0.75mm	UL 746B	°C	115
RTI, Strength 0.75mm	UL 746B	°C	120

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
 ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
 Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

Figura 48- Ficha Técnica PBT - Propriedades de Temperatura e Flamabilidade

ANEXO G

Product Information

Crastin® SK602 NC010

Property	Test Method	Units	Value
Other			
Density	ISO 1183	kg/m ³ (g/cm ³)	1410 (1.41)
Ball Indentation Hardness H 961/30	ISO 2039-1	MPa (kpsi)	175 (25)
Water Absorption Equilibrium 50%RH Saturation, immersed	ISO 62, Similar to	%	0.17 0.42
Molding Shrinkage Normal, 2.0mm Parallel, 2.0mm	ISO 294-4	%	1.1 0.4
Processing			
Melt Temperature Range		°C (°F)	240-260 (465-500)
Melt Temperature Optimum		°C (°F)	250 (480)
Mold Temperature Range		°C (°F)	30-130 (85-265)
Mold Temperature Optimum		°C (°F)	80 (175)
Drying Time, Dehumidified Dryer		h	2-4
Drying Temperature		°C (°F)	110-130 (230-265)
Processing Moisture Content		%	<0.04
Snake Flow		mm	
100MPa, 7 x 2mm			500
90MPa, 5x0.30mm			12
90MPa, 5x0.50mm			39
90MPa, 5x0.75mm			82
90MPa, 5x1.00mm			132

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

Figura 49- Ficha Técnica PBT - Propriedades de Processamento