



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGEP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VINÍCIUS ROCHA LIMA DA SILVA

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE
SCRAP DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA REDUÇÃO DE KPI EM UMA
EMPRESA DE MONTAGEM DE PLACA SMD DO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS**

MANAUS

2023

VINÍCIUS ROCHA LIMA DA SILVA

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE
SCRAP DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA REDUÇÃO DE KPI EM UMA
EMPRESA DE MONTAGEM DE PLACA SMD DO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão da Produção e Operações;

Linha de Pesquisa: Logística;

Orientador: Dércio Luiz Reis, DSc.

MANAUS

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586a	Silva, Vinícius Rocha Lima da Aplicação do conceito de logística reversa no processo de scrap de componentes eletrônicos para redução de KPI em uma empresa de montagem de placa SMD do Polo Industrial de Manaus / Vinícius Rocha Lima da Silva . 2023 83 f.: il. color; 31 cm. Orientador: Dércio Luiz Reis Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas. 1. Eletrônico. 2. Logística reversa. 3. Desperdício. 4. Reuso. I. Reis, Dércio Luiz. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
-------	---

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida e por sempre me mostrar o caminho certo.

Aos meus pais Luciano Tavares Da Silva e Consuelo Rocha Lima Da Silva pelo carinho, atenção e apoio que eles me deram durante toda a minha vida, pelo constante suporte e por acreditar com veemência em minha capacidade de alcançar os objetivos desejados. Esta dissertação é a prova de que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena.

À minha noiva, Marina, que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico e de vida. Aos meus irmãos pela amizade e atenção dedicada quando precisei.

Ao meu orientador Professor Dr. Dércio Reis que me proveu todo o suporte para realização desse estudo. A todos os meus colegas do curso de mestrado profissional que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Amazonas e o seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

RESUMO

As companhias de grande porte no mercado mundial buscam ganhos na redução de despesas e atingimento de seus indicadores. Sendo assim, visando a lucratividade final da empresa, a temática de logística reversa está cada vez mais presente nesse contexto, buscando alternativas para redução de desperdícios de matéria-prima, por exemplo. Dentre todos os setores industriais, as indústrias do setor eletrônico apresentam valores importantes com relação aos seus desperdícios, em função do alto valor dos componentes. O Polo Industrial de Manaus é uma referência global no setor de montagem de eletrônicos e esse projeto foi realizado em uma multinacional situada nele, criando um plano de ação cujo objetivo principal foi reduzir o KPI de Taxa de Perda de Material em quarenta por cento no processo de SMD, empregando uma cadeia de reuso de componentes. A metodologia utilizada foi uma pesquisa descritiva aplicada através de um estudo de caso que se mostrou assertivo para a dissertação. Usando o conceito de logística reversa, a fábrica conseguiu dentro da própria cadeia interna compartilhar uma forma de retroalimentar uma parcela do seu processo de matéria-prima. Os resultados foram satisfatórios, sendo assim, o objetivo principal foi atingido, trazendo não só uma observância para dentro da subsidiária, que serviu de laboratório para a ideia, como servirá de referência para outros projetos futuros dentro da companhia, em outras fábricas que fazem parte dessa multinacional.

Palavras-chave: Eletrônico; Logística Reversa; Desperdício; Reuso.

ABSTRACT

Large companies in the global market seek gains in reducing expenses and achieving their indicators. Therefore, aiming at the company's final profitability, the theme of reverse logistics is increasingly present in this context, seeking alternatives to reduce raw material waste, for example. Among all industrial sectors, industries in the electronics sector present important values in relation to their waste, due to the high value of the components. The Manaus Industrial Pole is a global reference in the electronics assembly sector and this project was carried out in a multinational located there, creating an action plan whose main objective was to reduce the Material Loss Rate KPI by forty percent in the process of SMD, employing a component reuse chain. The methodology used was descriptive research applied through a case study that proved to be assertive for the dissertation. Using the concept of reverse logistics, the factory was able to share a way of feeding back a portion of its raw material process within its own internal chain. The results were satisfactory, therefore, the main objective was achieved, bringing not only compliance within the subsidiary, which served as a laboratory for the idea, but will also serve as a reference for other future projects within the company, in other factories that are part of this multinational.

Keywords: Electronic; Reverse logistic; Waste; Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo da Logística Reversa	18
Figura 2 – Tipos de reciclagem	20
Figura 3 – SMT	26
Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Pareto	45
Figura 5 – Exemplo de fluxograma	46
Figura 6 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material	65
Figura 7 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material na Fase 2.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metais pesados e seus danos à saúde humana	23
Quadro 2 – Tipos de componentes eletrônicos	28
Quadro 3 – Práticas de trabalho (Modelo Convencional x Modelo Lean Manufacturing)	35
Quadro 4 – Ferramentas da Qualidade	43
Quadro 5 – Refinamento da pesquisa	49
Quadro 6 – Estratégia e filtragem de busca	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – KPI 2023	56
Tabela 2 – Valores componentes	58
Tabela 3 – Valores de placas	59
Tabela 4 – Taxa de perda de material (2022)	60
Tabela 5 – Custo <i>scrap</i> placas (2022)	61
Tabela 6 – Quantidade de componentes reaproveitados (Janeiro 2023)	68
Tabela 7 – Resultado taxa de perda de material (Janeiro 2023)	68
Tabela 8 – Taxa de perda de material (Comparativo 2022 e 2023)	71
Tabela 9 – Comparação mês a mês (Comparativo 2022 e 2023)	72
Tabela 10 – Média acumulada até junho (Comparativo 2022 e 2023)	73
Tabela 11 – Quantidade de componentes reciclados até junho de 2023.....	73
Tabela 12 – Valor em reais de componentes reciclados até junho de 2023 ...	74
Tabela 13 – Valor estratificado de componentes reciclados até junho de 2023.	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado da taxa de perda de material em 2022	57
Gráfico 2 – Descarte de placas em relação ao total produzido em 2022	60
Gráfico 3 – Causas de <i>scrap</i>	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IC	<i>Integrated Circuit</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
PCI	Placa de Circuito Impresso
PPM	Partes por milhão
REEE	Resíduos de equipamentos eletro/eletrônico
SMD	<i>Surface Mounted Device</i>
SMT	<i>Surface Mounted Technology</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Geral	16
1.2.2 Específicos	16
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 LOGÍSTICA REVERSA	19
2.1.1 Logística Reversa Interna	21
2.2 LIXO ELETRÔNICO	22
2.2.1 Placa de Circuito Impresso	26
2.3 <i>SURFACE MOUNTED DEVICE</i> (SMD)	28
2.3.1 Componentes eletrônicos SMD	28
2.3.2 Circuitos Integrados	30
2.3.3 Defeitos de montagem SMD	31
2.4 QUALIDADE	32
2.5 LEAN MANUFACTURING	36
2.6 KPI	40
2.6.1 Indicador de <i>scrap</i>	43
2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	43
2.7.1 Diagrama de Pareto	46
2.7.2 Fluxograma	48
3. METODOLOGIA	50
3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	50
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	51
3.3 COLETA DE DADOS	53
3.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 ANÁLISE INICIAL	57
4.2 ESTRATIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS OFENSORES	62
4.2.1 Valores de <i>scrap</i> de Placas em Reais por Linha	62

4.2.2 PPM e Diagrama de Pareto	63
4.3 PLANO DE AÇÃO	64
4.3.1 Fase Um (Fase inicial de teste).....	66
4.3.2 Fase Dois (Implementação da ação final)	69
4.3.2.1 Monitoramento.....	70
4.4 RESULTADO FINAL	71
4.4.1 Resultado final no mês do inventário.....	72
4.4.2 Resultado final de ganhos em reais para companhia	73
CONSIDERAÇÕES.....	75
CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	76
CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS.....	76
CONTRIBUIÇÕES ECÔNICAS.....	76
CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS.....	76
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXOS.....	83
ANEXO 1.....	83

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Ferraz (2022), o avanço tecnológico e a aceleração no crescimento de eletroeletrônicos no Brasil, resultaram num elevado aumento de geração de lixo eletrônico. Segundo Rene et.al (2021), o lixo eletrônico global gerado em 2019 foi de 53,6 milhões de toneladas métricas.

A inovação tecnológica mudou o papel da eletrônica em vários aspectos da sociedade, como educação e trabalho, segundo Althaf et.al (2021). Porém com isso, a obsolescência e a rapidez na troca de aparelhos eletroeletrônicos geram uma nova preocupação sobre o consumo e gestão desses resíduos.

Conforme cita Rautela et.al (2021), quase 82,6% do lixo eletrônico global é reciclado informalmente em setores desorganizados. Isso faz com que a falta de uma cadeia bem direcionada, perca o controle dos resíduos e seus respectivos destinos.

Ilankoon et.al (2018) afirma que o lixo eletrônico e os resíduos gerados de equipamentos eletroeletrônicos crescem a uma taxa de 3 a 5% ao ano em todo o mundo. É um resíduo caracterizado por ser perigoso, entretanto tem um potencial significativo de recuperação de valor. Além de todo apelo ambiental, esse tipo de lixo gera custos para as empresas, principalmente no seu descarte.

O Polo Industrial de Manaus, situado no estado do Amazonas, foi criado em 1967, e segundo a Suframa (2020 apud Souza e Santos 2022), é o maior polo industrial da América Latina com mais de 600 empresas contidas nele de diferentes tamanhos. Ele consta com indústrias de diferentes ramos como de alimentos, bebidas, metalúrgicos, termoplásticos, duas rodas, eletroeletrônicos, químicos, entre outros.

De acordo com Souza e Santos (2022), o maior setor industrial do Polo é o de informática, eletrônicos e ópticos que correspondem a 20,5% do todo. E a empresa que foi realizado este estudo de caso faz parte desse setor de fabricação de eletrônicos.

A presente empresa possui um diferencial tecnológico e pioneirismo do ramo de produção de eletrônicos em geral, cuja atividade iniciou ainda na década

de 90, despontando como uma das maiores empresas do polo e um nome estabelecido no mercado mundial.

Sua planta fabril na região produz televisores e produtos de áudio e vídeo, sendo os primeiros a produzir em Manaus o DVD, televisores com tela de Plasma, televisores com tecnologia OLED, e consta com mais de dois mil e quinhentos funcionários.

Dentro da sua planta consta sete fábricas com funções diferentes dentro da corporação, dentre as sete, uma em questão se torna objeto de estudo para essa dissertação, a fábrica que detém o processo produtivo de placas SMD, ao todo são mais de cinquenta tipos diferentes de placas produzidas por esse braço.

A empresa é uma das maiores multinacionais do ramo de eletroeletrônicos e eletrodomésticos, onde atende tanto o mercado interno quanto o externo em alguns países vizinhos do Brasil, na América do Sul, fabricando diversos tipos de produtos, divididos em diversas organizações, sendo televisor seu carro chefe.

Para atender a essa capacidade tão grande, a mesma conta com um robusto portfólio na planta, são dezesseis linhas produtivas de placas, de todas as organizações que a companhia produz como bem de consumo final e mais de mil e duzentos colaboradores operando em três turnos, ou seja, todo produto que consta no catálogo da marca essa planta é responsável por gerar um dos principais itens para o produto final.

Com sua alta capacidade produtiva muitos Indicadores chaves de desempenho se tornam importantes para a empresa, muitos deles voltados para o custo, e um em especial é o elemento principal dessa dissertação, o chamada Taxa de Perda de Material. Esse indicador demonstra a perda direta em custo com o descarte mensal que a companhia tem com componentes eletrônicos.

O desperdício com insumos de componentes eletrônicos se tornou uma prioridade para companhia, ou seja, com intuito de difundir dentro da empresa um aspecto facilitador para redução da perda de matéria-prima, foi proposto um

projeto que gerasse ganhos em custos para reduzir um indicador chave de performance chamado Taxa de Perda de Material.

Com a diminuição do desperdício da sua matéria-prima, a empresa está favorecendo o meio ambiente, pois estaria reduzindo junto com as despesas, o volume mensalmente descartado com componentes eletrônicos.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

De acordo com a pesquisa Resíduos Eletrônicos no Brasil (2021 apud Cardoso et. al 2023), apresentada pela *Green Eletron*, o Brasil é o quinto maior gerador de lixo eletrônico no mundo. E apenas 3% de todo o lixo eletrônico descartado é reciclado.

A indústria eletrônica é responsável pela geração de lixos eletrônicos oriundos do seu processo, e isso faz com que seus produtos e peças tenham que ter um cuidado maior de descarte por conta de suas propriedades. Pois, de acordo com Obana et.al (2019), a reciclagem e a reutilização de resíduos eletrônicos necessitam de mão de obra especializada e caso não seja corretamente manuseado é muito nocivo para o meio ambiente e os seres humanos.

Além da parte ambiental, para Mavi et.al (2017), a recuperação de produtos traz muito lucro para as empresas. Os Estados Unidos e a Europa foram pioneiros nesse reaproveitamento percebendo o quanto essa prática os poupava dinheiro.

Com a integração das agendas ambientais e objetivos econômicos, as empresas tem o desafio de integrá-las, como é dito por Vasileiou et.al (2022). E um dos maiores desafios é fazer com que as melhorias no desempenho ambiental levem a empresa a maiores lucros.

Empresas com uma mentalidade visando melhoria contínua vem apostando na forma de gerar retorno financeiro com os lixos eletrônicos que elas

mesmas produzem. Por exemplo, através do reaproveitamento de peças, de reciclagens, de redirecionamentos, entre outros.

Na pesquisa feita por Obana et.al (2019), foi realizada a reutilização de componentes eletrônicos da placa de computadores danificados, através da retirada desses componentes da placa de circuito impresso, e reutilizados na montagem de placas de circuitos eletrônicos, demonstrando que é possível promover o reaproveitamento de partes boas que seriam jogadas fora.

A empresa do estudo de caso possui seus indicadores internos voltados principalmente para a redução de custos e a busca pela melhoria contínua. Com isso, a oportunidade de buscar um reaproveitamento de componentes eletrônicos que seriam descartados motivaram essa pesquisa, por gerar um retorno financeiro para a empresa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Reduzir o KPI de Taxa de Perda de Material em quarenta por cento dentro da empresa de placa de circuito eletrônico utilizando uma cadeia retroalimentada através do conceito de logística reversa.

1.2.2 Específicos

- a) Definir o principal gerador de *scrap* de componentes eletrônicos no processo produtivo;
- b) Delimitar os três maiores ofensores da perda do custo relacionado a *scrap* de componentes para selecionar o principal ofensor;
- c) Realizar plano de ação em cima das análises;
- d) Confrontar dados finais pós aplicação.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação está dividida em quatro capítulos. O presente primeiro capítulo possui uma introdução da temática do estudo abrangendo a contextualização do assunto e sua problemática. Além disso, comporta o objetivo principal da pesquisa e seus objetivos específicos respectivamente. Finalizando com essa seção de estrutura da dissertação.

No capítulo dois o referencial teórico é apresentado, sendo dividido em tópicos para melhor embasamento da pesquisa. Iniciando pelo tópico relacionado a logística reversa e seu subtópico de logística reversa interna. Em seguida, o lixo eletrônico é abordado com o seu subtópico de placa de circuito impresso.

Ainda no capítulo dois, o tópico seguinte é sobre o SMD com seus respectivos subtópicos de componentes eletrônicos SMD, circuito integrado e defeitos de montagem SMD. No próximo tópico é abordado a qualidade, seguido pelo Lean Manufacturing e também sobre o KPI e seu subtópico de indicador de *scrap*. E por fim, o último tópico no referencial teórico é sobre ferramentas da qualidade com os subtópicos de diagrama de Pareto e fluxograma.

No capítulo três é abordada a metodologia da dissertação apresentado o tipo de estudo escolhido, a abordagem e a delimitação do objeto estudado. Além da coleta de dados.

O capítulo quatro apresenta os resultados e discussões da dissertação, dividido em tópicos e subtópicos. O primeiro deles é a análise inicial, seguida da estratificação dos principais ofensores que possui os subtópicos de índice de modos de falha, PPM e diagrama de Pareto.

Prosseguindo pelo tópico do plano de ação com os subtópicos de fase um (fase inicial de teste), de fase dois (implementação da ação final) e de cadeia de reaproveitamento de componente. Finalizando o capítulo com o resultado final contendo o resultado final no mês de inventário e o resultado final de ganhos em reais para companhia.

Em seguida, as considerações são apresentadas demonstrando que o objetivo geral foi alcançado e possibilitando a continuação de abordagens futuras em outros estudos. As contribuições acadêmicas, econômicas e sociais são expostas em seguida. E por fim estão as referências bibliográficas utilizadas nessa dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LOGÍSTICA REVERSA

De acordo com Vasilenok et.al (2020), a logística é uma parte da atividade econômica inerente a qualquer negócio. De toda forma ela é implementada em todas as empresas independente do ramo da atividade.

Ela é um ramo da gestão cujas atividades estão voltadas para o planejamento da armazenagem, circulação e distribuição de produtos. A escassez de matéria-prima e problemas ambientais mostram a necessidade de as empresas considerarem a logística reversa em suas aplicações cita Vasilenok et.al (2020).

Segundo Pereira Filho et al. (2019), a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e eficácia, dos custos, dos fluxos de matérias-primas, produtos em curso, produtos acabados e informação relacionada, desde o ponto de consumo até ao ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar a deposição adequada.

A logística reversa ao longo dos anos trouxe uma abordagem de minimização de danos de sucatas e produtos usados, mas ela se encontra muito além disso. De acordo com Desticioglu et.al (2022), esse tipo de logística coleta, limpa, desmonta, testa, classifica, transporta e recicla tanto produtos usados quanto resíduos. Abrange também questões de devolução, reparo, danos durante o transporte, entre outras inúmeras aplicações.

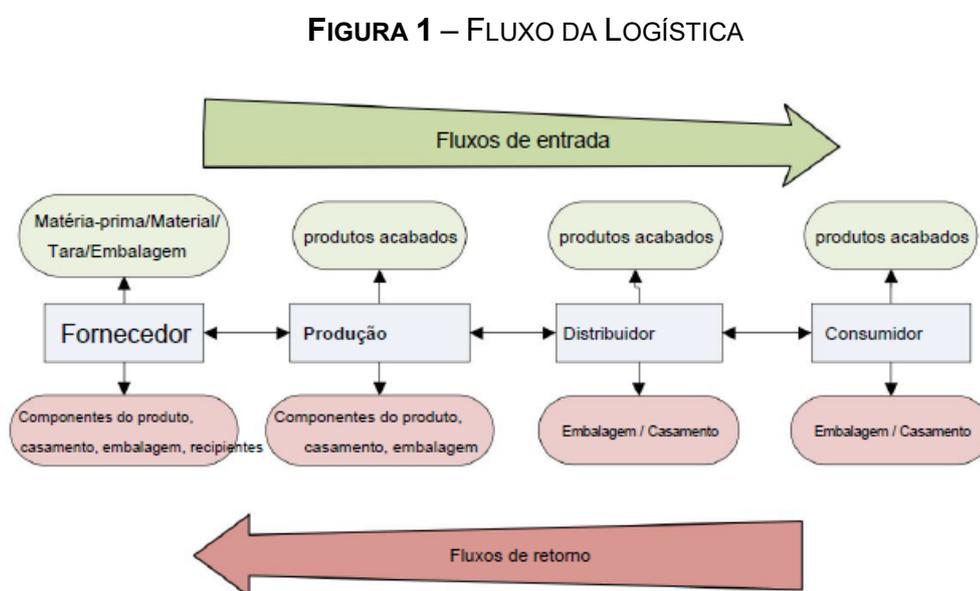
Ferreira Júnior et al, (2016) correlaciona o mesmo pois tal prática deve impactar positivamente nos custos, porque promove benefícios econômicos à companhia no sentido de uso de materiais retornáveis e reaproveitamento para o processo produtivo.

Ou seja, a logística reversa é um importante objetivo para qualquer mercado, ao conseguir criar mecanismos para entregar os produtos ao destino final num tempo mais curto possível, assim reduzindo os custos. Os processos da logística inversa podem ser iniciados a partir de duas frentes, uma com as

devoluções pelo consumidor em venda direta, e a outra com as devoluções por erros de expedição.

De acordo com Ferraz (2022), a logística reversa, através de técnicas de redução, reaproveitamento e reutilização, proporciona o regresso de resíduos as empresas. Com ela é possível ter retorno ambiental, mas também sociais e econômicos.

Para Vasilenok et.al (2020), na logística reversa os fluxos não vão do produtor ao consumidor, mas no sentido contrário, formando a chamada cadeia fechada, observada na Figura 1.



Fonte: Vasilenok et.al (2020, p.184).

Entretanto, um dos maiores desafios justamente é realizar o regresso desses resíduos. Para Govindan et.al (2017), é essencial buscar um fluxo de rede de transporte integrado, garantindo que o fluxo reverso não crie um grande aumento na parte econômica e ambiental da empresa. Uma rede de transporte eficiente pode garantir uma melhor operação e também não ter aumentos substanciais na emissão de carbonos.

Os processos industriais e os próprios equipamentos das empresas que se dedicam à reciclagem estão em evolução permanente, permitindo assim, que

cada vez mais componentes de produtos de diferentes materiais, possam ser reciclados e conseqüentemente reutilizados ou reaproveitados como matéria-prima em produtos novos.

A gestão eficaz da logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos, segundo Shittu et.al (2021), contribuirá para o progresso nos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, em uma eficiente economia circular e na eficiência da utilização de recursos. O desafio é grande, mas ao concentrar os esforços e conhecimentos na operação, os ganhos serão recompensados não apenas ambientalmente, mas também financeiro.

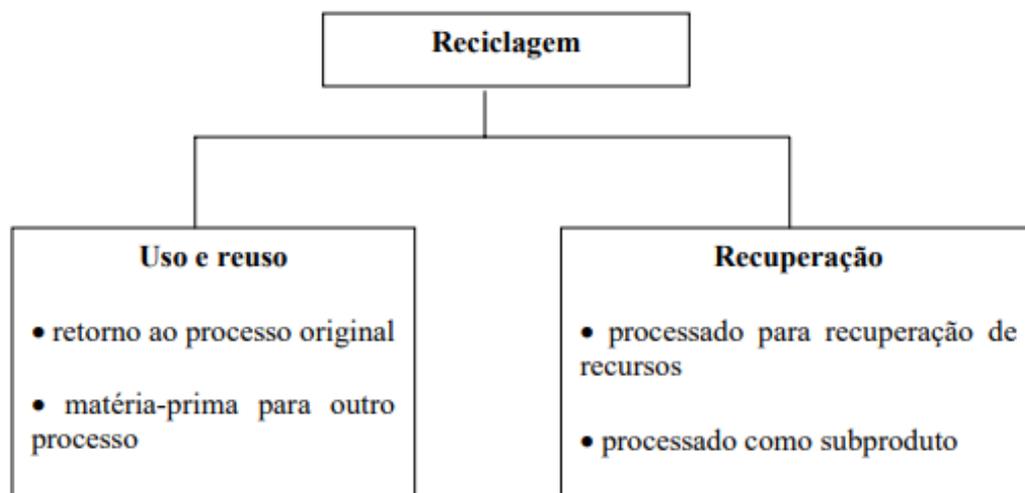
2.1.1 Logística Reversa Interna

A logística reversa quando relacionada a reutilização de materiais dentro das áreas internas da empresa durante seu ciclo de produção é chamada de logística reversa interna. Nesse processo, a empresa reutiliza os resíduos ou materiais do processo produtivo os retornando para reaproveitamento, sendo realizado de forma mais ágil e com menos gastos possíveis.

Durante a produção, resíduos gerados podem ser introduzidos novamente no processo sendo utilizado como matéria-prima, como por exemplo na regranulação de rebarbas em peças plásticas. Também podem ser gerados através de produtos não aprovados na inspeção de qualidade e ser reaproveitado peças e componentes dos mesmos.

A reciclagem de materiais dentro da empresa, é uma técnica que já é utilizada há algum tempo pelas indústrias. De acordo com Morais (2002), dois problemas são estabelecidos: saber recuperar os materiais usados e saber reutilizar os materiais recuperados.

Na figura 2 abaixo, é possível observar as técnicas de reciclagem.

Figura 2 – Tipos de reciclagem

Fonte: Moraes (2002, p.12).

O uso e reuso do material consiste em retorná-lo para o próprio processo, e já a recuperação constitui na recuperação do material para assim ser utilizado no mesmo ou em outro processo.

A reutilização de sobras, de componentes ou peças de materiais que estão em bom estado é uma prática que traz benefícios financeiros para a empresa, pois com essa ação é possível utilizar um recurso que estaria perdido. Para isso é importante que as empresas tenham um planejamento e operacionalização adequados.

Com essa reutilização vinda do próprio processo produtivo, além de ser economicamente vantajoso para os negócios, também é uma opção para redução de descarte de materiais no meio ambiente.

2.2 LIXO ELETRÔNICO

Com o crescente uso de aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos no mundo todo, um novo questionamento foi surgindo: o que fazer com eles quando já não servem mais? Hoje em dia com a preocupação ambiental em voga no planeta, o descarte correto desses componentes estão se tornando algo muito importante.

De acordo com ABDI (2013), equipamentos eletroeletrônicos são aqueles produtos que o funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Eles são divididos em quatro categorias:

- a) Linha Branca: Fogões, ar condicionado, refrigeradores e congeladores, máquina de lavar roupa e louça;
- b) Linha Verde: Computadores, *laptops*, aparelho celular, *tablets*, acessórios de informática;
- c) Linha Marrom: Monitores, televisão, equipamentos de áudio, câmeras e filmadoras;
- d) Linha Azul: Liquidificadores, furadeiras, secadores de cabelo, batedeiras, aspiradores de pó.

Quando a vida útil desses equipamentos chega ao fim, eles começam a ser denominados de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. O termo resíduos é utilizado devido ainda deter um valor para reciclagem desse material.

O mais adequado seria se os produtos chegassem ao fim da sua vida útil apenas quando não houver mais reparo, reuso ou atualização. Entretanto, com a velocidade do avanço das tecnologias, eles são trocados e descartados mais cedo.

Para Islam et.al (2018), o fluxo da logística dos resíduos do lixo eletrônico são o de crescimento mais rápido no momento, devido ao ciclo de vida mais curto do produto, dependendo da linha, e as mudanças rápidas nas atitudes dos consumidores para descartá-los.

Os REEE possuem diversos tipos de materiais como vidros, plásticos, metais pesados, componentes eletrônicos, entre outros. Sendo que normalmente esses materiais estão fixados através de solda ou de cola. Além disso, em alguns casos são utilizadas substâncias químicas para por exemplo proteger contra corrosão.

Segundo Caiado et.al (2017), a logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e seus respectivos componentes, por causa dos

riscos de toxicidade ao meio ambiente, fizeram com que o Brasil tornasse obrigatório para todos os distribuidores, produtores e consumidores, o correto equacionamento das partes do lixo eletrônico.

Como possuem uma diversidade de materiais, a extração de cada peça por exemplo em uma placa de circuito impresso demanda um procedimento diferente. Logo, a reciclagem e separação desse material é bem mais complexa e com um custo mais elevado quando comparada com latas de refrigerante, vidros, papel, etc.

De acordo com Alves e Farina (2018), os metais que estão nesses lixos como chumbo, alumínio, cobre, arsênio, mercúrio, berílio, cádmio, entre outros metais pesados, são chamados de perigosos vilões, devido a fabricação impactar diretamente nas pessoas que se envolvem com o produto. O ABDI (2013) divide em dois tipos de riscos resultantes do envolvimento com esses metais:

- a) Contaminação das pessoas que manipulam os REEE: envolve tanto o consumidor que possui equipamentos antigos, quanto as pessoas que realizam a coleta, descaracterização e reciclagem. Os danos na saúde humana podem ser graves conforme pode ser visto no Quadro 1.
- b) Contaminação do meio ambiente: por causa dos metais pesados, os REEE não devem ser descartados diretamente na natureza. O contato com a água corrente incide em imediata contaminação do chorume. Além disso, ao adentrar no solo, esses materiais tendem a contaminar os lençóis subterrâneos ou fixar em seres vivos.

Segundo Li e Achal (2020), ocorre a contaminação ambiental como resultado de atividades de reciclagem e descartes ilegais ou incorretos, que podem levar a exposições diretas ou indiretas via ar, solo, água e poeira. Além

disso, estes equipamentos são compostos por grande quantidade de plástico, metais e vidro que demoram muito tempo para se decompor no solo.

No quadro 1 estão inseridos alguns metais pesados presentes nos REEE e seus principais danos causados à saúde humana respectivamente.

Quadro 1 – Metais pesados e seus danos à saúde humana

Elemento	Principais danos causados à saúde humana
Alumínio	Alguns autores sugerem existir relação da contaminação crônica do alumínio como um dos fatores ambientais da ocorrência de mal de Alzheimer.
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração; possui meia-vida de 30 anos nos rins; em intoxicação crônica pode gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Chumbo	É o mais tóxico dos elementos; acumula-se nos ossos, cabelos, unhas, cérebro, fígado e rins; em baixas concentrações causa dores de cabeça e anemia. Exerce ação tóxica na biossíntese do sangue, no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado.
Cobre	Intoxicações com lesões no fígado.
Cromo	Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo, pode provocar anemia, alterações hepáticas e renais, além de câncer do pulmão.
Mercúrio	Atravessa facilmente as membranas celulares, sendo prontamente absorvido pelos pulmões. Possui propriedades de precipitação de proteínas (modifica as configurações das proteínas), sendo suficientemente grave para causar um colapso circulatório no paciente, levando à morte.
Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	Dez gramas na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.

Fonte: ABDI adaptado pelo autor (2013, p.18).

Para não provocar a contaminação e poluição do meio ambiente, o correto é fazer o descarte de lixo eletrônico em locais apropriados como, por exemplo, empresas e cooperativas que atuam na área de reciclagem.

Entretanto, segundo Demajorovic et.al (2016), são muitos os desafios que essas parcerias enfrentam, tais como: a falta de profissionalização no processo de produção e de legalização, que impede a emissão de notas fiscais, desqualificando-a como fornecedora para a indústria recicladora, logo, empatando que esse mercado cresça e gere interesse para as grandes

empresas que justamente vão ser a produtoras, geradoras deste lixo, de forma direta e indireta.

De acordo com Alvez e Farina (2018), o lixo eletrônico vem sendo aproveitado para gerar lucros através de sua reciclagem, por conta de seus valiosos metais em sua composição como cobre, prata, entre outros.

Também no parecer de Demajorovic et.al (2016) a implementação da lei nacional de resíduos sólidos foi o principal avanço nesta temática no Brasil, compreendendo o quão ainda é raso a perspectiva em cima do assunto. Porém, de acordo com Rossini e Naspolini (2017), a lei de resíduos sólidos criadas no Brasil, ainda não consegue resolver essa questão, pois, ainda não se tem um alento coerente com o avanço do lixo eletrônico no país.

Porque também como Rossini e Naspolini (2017) reconhecem, a obsolescência programada desses artefatos ainda não é difundida de forma eficaz, pois o consumo só se tende a aumentar com o passar dos anos, devido o interesse luxurioso por novos dispositivos, equipamentos e correlacionados.

De acordo com Rautela et.al (2021), o surgimento dos desafios na gestão do lixo eletrônico é oriundo da infraestrutura precária, falta de habilidades técnicas e falta de apoio financeiro dos setores de gestão.

Com isso, logo torna-se evidente que o descarte de resíduos eletrônicos passou a ser um dos principais desafios ambientais enfrentados pelas companhias de tecnologia e a logística reversa pode ser a fonte inicial para o marco desta problemática, no sentido de solucionar um problema que hoje já é real, porém a médio e longo prazo pode ser acachapante.

2.2.1 Placa de Circuito Impresso

Os equipamentos eletroeletrônicos contêm diversos materiais diferentes em sua composição, como plásticos, vidros, entre outros. Os materiais mais complexos e preciosos estão presente na placa de circuito impresso.

Conforme Rieger (2018), as placas de circuito impresso são uma plataforma que nelas estão contidos componentes microeletrônicos, como *chips* e capacitores. Sua nomenclatura foi atribuída por ter substituído as fiações elétricas por uma plataforma que contém caminhos condutores.

As placas de circuito impresso, segundo Schneider et.al (2020), são componentes fundamentais na produção de produtos eletroeletrônicos, desde o mais simples até os mais complexos. Nas placas existem vários componentes que podem ser recuperados ou reutilizados, sendo os metais, como prata e ouro, os mais rentáveis.

Elas possuem variações de composições e componentes, podendo ser separadas em três grupos: metais, orgânicos e cerâmicos. Franco et.al (2021) cita que os metais que podem compor as placas são: comuns, como o cobre (Cu), aço, alumínio (Al) e latão; raros como gálio (Ga) e tântalo (Ta); nobres como o ouro (Au) e a prata (Ag); perigosos como chumbo (Pb), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni), zinco (Zn), entre outros.

Em cada placa, conforme o projeto estabelecido, possui as posições onde os componentes eletrônicos, como por exemplo capacitores, transistores, circuitos integrados, serão montados e assim possa executar a sua função em cada aparelho.

Um dos processos para montagem de PCI é a tecnologia SMT, onde ocorre a automatização do processo por causa do tamanho reduzido dos componentes eletrônicos.

Com a diversidade dos materiais que podem compor uma PCI e a complexidade de sua produção, fazem com que seja dificultada a reciclagem das mesmas. Um dos métodos utilizados para realizá-la é a logística reversa que promove além de uma redução de custos de produção, uma sustentabilidade para o processo.

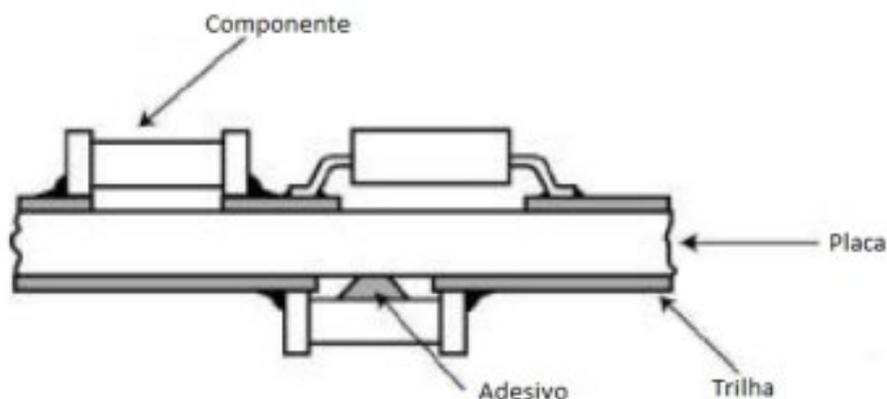
2.3 SURFACE MOUNTED DEVICE (SMD)

Surface Mounted Device, popularmente conhecido por sua sigla SMD, pode ser traduzida como dispositivo de montagem de superfície. Sendo uma tecnologia pautada na maneira que os componentes eletrônicos são construídos na placa.

Os componentes de SMD são abastecidos em máquinas SMT, que de acordo com Uhlmann (2015), possuem um equipamento com alto grau de precisão e automação.

Na tecnologia SMT, os componentes não têm fios como terminais e as ilhas da placa não possuem furos, segundo Melo (2013). Na figura 3 é possível observar que os componentes são colocados em cima da ilha e assim soldados.

Figura 3 – SMT



Fonte: Melo (2013, p.36).

2.3.1 Componentes eletrônicos SMD

Os componentes eletrônicos são dispositivos que manejam eletricidade. Os de SMD são bastante utilizados nas indústrias eletrônicas por causa de suas dimensões e estabilidade na montagem.

As empresas de eletrônicos estão tendendo a produzir produtos cada vez com espessuras reduzidas, e para que isso seja possível é necessário que as placas e conseqüentemente os componentes eletrônicos sejam menores também.

O SMD, com o avanço da tecnologia, vem fazendo com que os componentes além de serem cada vez menores, tenham sua capacidade aumentada, em períodos menores.

Alguns dos benefícios dos componentes eletrônicos SMD são:

- a) Menor custo;
- b) Montagem feita em máquinas de alta velocidade;
- c) Menor tamanho e peso;
- d) Maior produtividade;
- e) Menor risco de queda do produto e conseqüentemente gerar solda trincada.

Os componentes podem ser divididos em três tipos: passivos, integrados e semicondutores. Os passivos são os que não amplificam nem geram sinal, os integrados são componentes encapsulados que executam várias funções, e os semicondutores podem amplificar ou interpretar os sinais, além de controlar voltagens e correntes.

No Quadro 2 é possível observar os tipos de componentes, suas características e exemplos dos mesmos.

Quadro 2 – Tipos de componentes eletrônicos

Tipo de componente	Características	Exemplos
Passivos	Sub-tipo	Capacitores, indutores, resistores, cristais, transformadores, etc.
	Material/Sub-montagem	Eletrolíticos em alumínio, <i>thin film</i> , ferrite, cerâmicos, etc.
	Package (formato)	<i>Surface</i> (SMD), <i>chassis</i> , <i>through hole</i> , etc.
Circuitos integrados (Cis)	Sub-tipo	Memórias, circuitos lógicos, controladores, conversores, etc.
	Tecnologia	CMOS, NMOS, Bipolar, etc.
	Processo de fabricação	Litografia, deposição, oxidação, difusão, etc.
	Package (formato)	DIP, SOIC, PLCC, QFP, PGA, PBGA, etc.
	Tipo de acabamento	<i>Leadframe</i> interno ou externo, fios de ligação, etc.
Semicondutores discretos	Sub-tipo	Diodos, transistores, retificadores, TVS, LEDs, etc.
	Tecnologia	IGBT, <i>power MOS</i> , <i>power Bipolar</i> , ópticos, etc.
	Processo de fabricação	Dopagem por antimônio ou boro, difusão, oxidação, etc.
	Package (formato)	TO-220, SOT-23, D0-41, SOIC, etc.
	Tipo de acabamento	<i>Leadframe</i> interno ou externo, fios de ligação, etc.

Fonte: Pagan (2013, p.42).

2.3.2 Circuitos Integrados

Os circuitos integrados fazem parte de praticamente qualquer equipamento eletrônico. De acordo com Ribas et.al (2001), em um único circuito integrado é possível colocar em ordem centenas de milhares de transistores, além de componentes passivos como capacitores.

Com ele, é possível fazer várias ações e comandos com nível elevado de complexidade por causa da quantidade de componentes que são unidos em um só.

As duas principais vantagens da utilização do circuito integrado são o custo, que é menor comparado a outros componentes, e o desempenho que é

elevado devido ocorrer a rápida alternância dos componentes internos com menos energia.

Normalmente, o *chip* é colocado dentro de um encapsulamento de cerâmica ou de plástico, e assim interligado aos seus componentes através de fios condutores.

Com suas inúmeras aplicações na eletrônica, os circuitos integrados estão à disposição em diferentes tamanhos e formatos. E com o avanço da tecnologia estão sempre aprimorando suas funções.

2.3.3 Defeitos de montagem SMD

A qualidade das placas de circuito impresso possui um efeito direto no desempenho do produto. A montagem de SMD por ser um processo de diversas etapas, ocorre várias possibilidades de acontecerem defeitos na placa. Um dos problemas pode ser por falta ou excesso de elementos na PCI.

Segundo Mello (2015), os defeitos podem estar relacionados a placa ou aos componentes nela inseridos. O rompimento ou falha na impressão de trilha e o curto-circuito são os mais comuns referentes a placa.

Para Doro (2006), os defeitos numa PCI podem ser divididos em três categorias básicas:

- a) Defeitos nos componentes ou placas: nessa categoria os defeitos não são oriundos do processo de montagem, mas sim pela má qualidade dos componentes ou das placas originada do transporte, manuseio incorreto ou armazenamento. Alguns exemplos são: componente eletricamente defeituoso; componente com dimensão errada; placa de circuito impresso empenada; entre outros.
- b) Defeitos na inserção: oriundos do processo de inserção dos componentes na placa. Podem ocorrer tanto em processos

manuais como em uma distração do operador, quanto em processos automáticos na variação das máquinas. Exemplos são: componente invertido; componente faltando; componente incorreto; entre outros.

- c) Defeitos nas terminações: oriundos do processo de soldagem. Podem acontecer devida aplicação de pasta de solda, parâmetros da máquina de solda, etc. Alguns exemplos são: excesso de solda; curto; falta ou insuficiência de solda; entre outros.

Quando são colocados os componentes na PCI, tem que ser garantido que eles estão no local correto e perfeitamente inseridos, senão pode ocorrer o defeito classificado de inserção. Alguns testes de qualidade podem ser realizados para verificar se há falta de componente, inversão ou deslocamento dos mesmos, ou também colocação de componente errado.

Outro problema pode ocorrer no momento de movimentação das placas. Ao realizar o armazenamento ou o manuseio da PCI pode acontecer uma batida que ocasione a quebra da placa ou de algum componente.

Os defeitos que ocorrem irão causar alguma limitação na performance do produto. Alguns defeitos como o curto circuito e falta de componente impedem diretamente o funcionamento da placa. Já os defeitos de insuficiência ou excesso de solda, podem ocasionar um funcionamento total quando realizada a fase de testes, entretanto ao longo do tempo quando a placa for transportada ou utilizada podem afetar o funcionamento do produto.

2.4 QUALIDADE

Deming (1990) define que a qualidade é atender continuamente as necessidades e expectativas do cliente a um preço que eles estejam dispostos a pagar. A sua vertente visava o cliente como o foco da qualidade, e para ele

produzir a quantidade planejada atendendo as especificações definidas é o objetivo da empresa.

Ele também cita em sua obra que existem três crenças a respeito da qualidade, que são: constância de finalidade; melhoria constante; conhecimento profundo. Ou seja, para Deming é importante que haja constância no objetivo pretendido, que a melhoria contínua com o aperfeiçoamento das atividades ocorra com constância, e que os trabalhadores possuam conhecimento onde atuam, podendo ser através de treinamentos por exemplo.

Em uma de suas contribuições para o assunto, a difusão do Ciclo PDCA contribuiu para que os processos, projetos, atividades, entre outros, tivessem um ciclo que se inicia com o planejamento, seguido do desenvolvimento, depois o controle e por fim a ação baseada nos resultados obtidos no controle. O ciclo comumente chamado de ciclo de Deming permite que o processo não se estagne e que possua um controle, fazendo com que melhorias contínuas possam ocorrer.

Outro guru da qualidade é Feigenbaum, conhecido como o pai do conceito do Controle de Qualidade Total. Segundo Feigenbaum (1994), a definição da qualidade pode ser dada como a correção dos problemas e de suas causas ao longo dos fatores que se relacionam com o marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, e que possuem influência na satisfação do cliente final do produto.

Feigenbaum (1994) defende que todos os setores envolvidos na empresa possuem responsabilidade com a qualidade, sendo responsáveis de torná-los os melhores possíveis. E com essa abordagem do envolvimento de todos surgiu o controle de qualidade total.

A definição do Controle de Qualidade Total, de acordo com Feigenbaum (1994), é um sistema eficaz que integre os esforços de desenvolvimento, manutenção e de melhoria da qualidade envolvendo os diversos grupos da empresa, permitindo assim produtos e serviços mais econômicos e que satisfaçam plenamente o cliente.

Outra contribuição para o cenário mundial foi o custo de qualidade, aprofundado por ele, demonstrando que a falta de qualidade nas organizações custa caro. Segundo Feigenbaum (1994), o custo de qualidade pode ser definido como aqueles relacionados à definição, planejamento, criação e controle da qualidade, também à avaliação e realimentação da conformidade com exigência em requisitos de desempenho, confiabilidade e segurança, e às consequências oriundas de falhas, tanto internas quanto externas nas mãos do cliente.

Feigenbaum (1994) divide em quatro tipos de custos: os de prevenção, os de avaliação oriundos dos custos de controle, os de falha interna e os de falha externa oriundas dos custos de falhas no controle.

O custo de qualidade também foi definido por Juran¹ (1988), como todo aquele custo que não existiria se o produto tivesse sido fabricado conforme as especificações na primeira vez. A sua associação é relativa as falhas de produção que conseqüentemente levam a um retrabalho, ao desperdício e a diminuição na produtividade.

Juran² (1988), criou um modelo de custos de qualidade que auxilia na justificativa de investimentos na melhoria da qualidade. A primeira delas, as falhas internas, são aquelas que ocorrem antes do produto chegar às mãos do cliente. As conseqüências geradas por essas falhas são: desperdício de material, já que a produção ocorreu com não conformidade; retrabalho das peças para correção; reteste e nova inspeção dos produtos corrigidos; parada de máquina devido não programada devida a necessidade de nova produção; reciclagem ou sucata do produto defeituoso.

A falha externa é o segundo custo desse modelo e significa que os clientes receberam produtos defeituosos. É um custo mais difícil de quantificar pois não são todos os clientes que externalizam o problema. As conseqüências geradas são: reclamações de cliente que devem ser investigadas e solucionadas; devoluções de produtos defeituosos recebendo esses itens de volta e substituindo por outro com qualidade; custos de garantia para manter o serviço de garantia; e a perda de um negócio futuro de clientes que não voltam a comprar o produto.

O custo de prevenção também é apresentado por Juran² (1988), como aqueles associados à prevenção de falhas de qualidade. Ele deve ter as etapas de planejamento, design, treinamento e formação, controle, reporte e projetos de melhoria. Com eles é possível diminuir o número de produtos defeituosos e obter um plano de qualidade estruturado.

E por fim o custo de inspeção, que é aquele relacionado as verificações e testes do produto realizado antes de chegar no cliente. Eles podem ser na chegada dos materiais, uma inspeção final de teste e possuir equipamentos que auxiliem nessa verificação.

Além disso, Juran¹ (1988) foi um dos pioneiros no estudo da qualidade, contribuindo junto com Deming para a revolução de qualidade no Japão. Juran¹ (1988), define a qualidade como a adequação de um produto à sua utilização pretendida. Ele desenvolveu a sua trilogia para gerenciamento de qualidade, sendo elas: Planejamento; Controle; Melhoria.

Para gerenciar a qualidade, inicia-se pelo planejamento, definindo quais os requisitos de qualidade que se deseja e projetando os caminhos para atingi-los. Após vem o controle que nada mais é controlar os requisitos de qualidade desenvolvidos para verificar os erros e acertos do processo. E por fim é a melhoria, que é essa busca de melhoria contínua no processo para aperfeiçoar a qualidade.

Ishikawa também foi um grande contribuinte para o estudo da qualidade no mundo. Ele foi responsável pela criação e aperfeiçoamento de ferramentas da qualidade que auxiliam na identificação e resolução de problemas.

Para Ishikawa (1985), a gestão da qualidade pode ser definida como desenvolvimento, produção e serviço de um produto, de uma maneira mais econômica, útil e satisfatória para o cliente.

Uma das maiores contribuições de Ishikawa foi a criação do diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa. Ela é classificada como uma das sete ferramentas da qualidade e sua aplicação é utilizada em diferentes vertentes.

É possível utilizar a ferramenta mesmo sem ser um especialista da área, pois ela fornece de maneira bastante intuitiva uma forma de visualizar o processo, encontrar suas causas raízes, resolver problemas e promover a melhoria contínua no fluxo analisado.

Com a análise de diferentes vertentes e pensamentos da qualidade, é possível entender que ela consiste numa parte primordial na empresa. Ela é responsável pela satisfação do cliente e que conseqüentemente é responsável pela sobrevivência da empresa. Além disso, a filosofia de melhoria contínua aparece com os gurus da qualidade, onde depois seria aprofundado pela filosofia do *Lean Manufacturing*.

2.5 LEAN MANUFACTURING

O início da história do Lean Manufacturing ocorreu em meados da década de cinquenta através do engenheiro da Toyota, Taiichi Ohno, através do sistema Toyota de produção que tinha o desejo de produção de realizar produções com fluxo contínuo. Ele é conhecido como o pai da manufatura enxuta (lean manufacturing).

O desenvolvimento do Lean Manufacturing ao longo da história é dividido em quatro fases, de acordo com Veloso et.al (2022), que são:

- a) 1ª fase 1980-1990: focada em células e linhas de montagem;
- b) 2ª fase década de 90: focada no chão de fábrica;
- c) 3ª fase década de 90 até final de 1999: focada em fluxo de valor;
- d) 4ª fase 2000-atualmente: focada em sistemas de valor.

O modelo do Lean Manufacturing trouxe uma revolução no pensamento e práticas de trabalho nas indústrias que antes utilizavam um modelo mais convencional com uma produção empurrada, com altos lotes, entre outros. No

Quadro 3 é possível verificar as diferenças entre o modelo convencional e o modelo mental do Lean Manufacturing.

Quadro 3 – Práticas de trabalho (Modelo Convencional x Modelo Lean Manufacturing)

Convencional	Toyota/Lean Manufacturing
Mova a produção! Cumpra os números!	Pare a produção - para que a produção nunca tenha que parar! (Conceito jidoka).
Produza quanto puder. Vá o mais rápido possível (Sistema empurrado).	Produza apenas o que o cliente pediu. (Sistema puxado).
Produza lotes grandes e mova-os lentamente pelo sistema. (Lote e fila).	Produza objetos um de cada vez e mova-os rapidamente pelo sistema. (Fluxo).
Você fará assim! (Líder = Chefe).	O que você acha? (Líder = Professor).
Temos alguns padrões. (Não tenho certeza quais sejam ou se são seguidos).	Temos padrões visuais simples para todas as coisas importantes.
Engenheiros e especialistas criam os padrões. O resto faz o que é mandado.	O pessoal mais próximo do trabalho desenvolve os padrões e chama os especialistas, quando for necessário.
Não seja pego com a mão na botija!	Torne os problemas visíveis.

Fonte: Veloso et.al (2022, p.5).

No quadro 3 é possível observar que há uma relação inclusiva do líder com o seu subordinado, incluindo-o em suas decisões fazendo com que ele se sinta parte das ideias. Além disso o conceito de apenas produzir o que o cliente pediu, a ideia de parar a produção caso seja necessário corrigir alguma coisa ou implantar melhorias, ter padrões visuais que sejam simples e de fácil entendimento de todos nas coisas importantes, e o envolvimento dos trabalhadores mais próximos do trabalho para desenvolverem os padrões, já que eles estão mais perto da atividade diariamente.

O conceito de Lean Manufacturing foi definido por Ohno (1988), como a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos, tendo o direcionamento de só produzir o necessário, no tempo necessário e na quantidade requisitada. Logo, o Lean Manufacturing é uma filosofia que tem

como objetivo criar valor ao produto, eliminando desperdícios e processos que não acrescentam valor ou dificultam o processo.

Com o objetivo de redução de desperdícios, o foco de diminuir as atividades que não agregam valor ao produto e a qualidade na produção para que os defeitos fossem zero se tornou primordial na filosofia Lean Manufacturing. Além disso é importante o envolvimento de todos os funcionários para o atingimento dos objetivos. Para Ohno (1988), produzir com zero defeitos é a verdadeira forma de melhorar a eficiência.

A manufatura enxuta pode ser separada em dois tópicos: o Lean estratégico e o Lean operacional. O primeiro é direcionado aos pensamentos do Lean Manufacturing e já o segundo é focado nas operações de chão de fábrica.

De acordo com Souza e Galhardi (2022), com o pensamento Lean Manufacturing é possível que as empresas especifiquem valor, façam o alinhamento das atividades de valor na sequência mais adequada, conduza as atividades sem interromper, sempre que for solicitado e cada vez mais efetiva. Os cinco princípios do pensamento Lean Manufacturing são: Valor, Fluxo de valor, Fluxo, Produção puxada e perfeição.

Um dos objetivos do Lean Manufacturing é a redução de desperdícios e com isso Ohno (1988) cita os sete desperdícios identificados em operações:

- a) Superprodução: produzir acima do necessário e do que foi solicitado do processo seguinte;
- b) Tempo de espera: de máquina parada, de operador ocioso, de material parado aguardando o próximo processo;
- c) Transporte: ficar movendo desnecessariamente os itens na produção frequentemente, não agregando valor.
- d) Processo: atividades com desperdícios por causa de projetos ruins, execuções mal feitas, ou má manutenção por exemplo;

- e) Estoque: zerar estoques, apenas ter na produção o que foi solicitado do cliente;
- f) Movimentação: simplificar o trabalho do operador evitando movimentos desnecessários ao longo da jornada;
- g) Defeitos: desperdício relacionado à falta de qualidade do produto.

A tarefa de eliminação de atividades que não agregam valor e seus desperdícios faz com que seja possível atingir uma produção mais organizada, direcionada e sem desperdícios de custos para a organização.

A melhoria contínua é outro tópico fundamental no Lean Manufacturing. Para o sistema Toyota elas não necessitam ser apenas as grandiosas e com alto investimento, mas sim as melhorias diárias que são implantadas por todos os funcionários, inclusive os do chão de fábrica.

O *Kaizen* é uma das ferramentas do Lean Manufacturing que fala sobre a melhoria contínua nos processos. Com ele é possível agir através de progressiva implementação e mudanças na empresa.

Além dessa ferramenta, outras são amplamente utilizadas na manufatura enxuta como o *Just in time* que é produzir apenas o necessário conforme a solicitação do cliente ou processo seguinte. A realização da produção conforme essa ferramenta permite que custos que seriam gastos com estoque, armazenamento e tempo de espera, que são coisas que não agregam valor ao cliente, possam ser evitados.

Outra ferramenta é o 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke) que está relacionada à qualidade e o ambiente de trabalho através da utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina, que são os pilares que regem essa ferramenta. Com isso é possível ter um ambiente onde só o que é utilizado seja mantido, que o ambiente seja organizado e limpo, que as atividades sejam padronizadas e que tenha disciplina na organização.

Muitas outras ferramentas são aplicadas no Lean Manufacturing, como o mapeamento de fluxo de valor, *poka yoke*, *takt time*, *kanbam*, entre outras. A utilização delas em cada empresa pode ser feita de forma individual ou trabalhando com várias delas ao mesmo tempo. Elas contribuem para a implantação na prática do pensamento Lean Manufacturing.

Com todo o levantamento bibliográfico realizado, o Lean Manufacturing mostra ser uma filosofia que veio para revolucionar o pensamento das empresas, buscando a redução de custo através da eliminação de desperdícios e com foco na qualidade. Logo, a aplicação do seu método é realizada em diferentes áreas e produções, pois a diminuição de gastos e de desperdícios é algo importante para empresas que desejam aumentar seu lucro e produtividade.

2.6 KPI

Os *Key Performance Indicators* são popularmente conhecidos por sua sigla KPI e em português podem ser traduzidos como indicadores de desempenho chave. Com eles é possível avaliar atividades e gestão em valores mensuráveis.

De acordo com Tavares (2018), a gestão quando são considerados os índices de desempenho se torna uma forma mais segura de conseguir uma performance melhor. Pois, o que não é medido, não há como ser gerenciado e conseqüentemente melhorado.

Com a utilização dos indicadores de desempenho, necessitam ser estabelecidas metas para que assim todos os colaboradores envolvidos saibam onde estão e para onde deverão chegar. Os indicadores desempenham um papel primordial na transformação dos objetivos organizacionais teóricos em práticos.

Os KPI devem ser mensuráveis e obtidos de forma facilitada. Segundo Domínguez et.al (2018), eles servem como ferramenta para indicar e guiar o comportamento que a empresa deseja portar, melhorando sua lucratividade,

produtividade, qualidade, entre outros. Para os autores os índices de desempenho possuem três fatores chaves:

- a) Fornecem à empresa informações confiáveis com a finalidade de estabelecer a base para implementar estratégias de crescimento;
- b) Tornam possível de enxergar se o plano estratégico da empresa está funcionando, e assim servir de impulso para atingir o comportamento desejado;
- c) Aumentar e melhorar sua rentabilidade.

Para se definir quais KPI serão escolhidos pela empresa, é necessário incluir estratégia de negócio, objetivos estratégicos, modelagem, medições, análises, relatórios. E por conta disso, Domínguez et.al (2018) cita que não é uma tarefa simples, e que normalmente as empresas possuem gestores e colaboradores para escolher e monitorar os KPI adequados.

Quatro critérios podem ser utilizados para classificação dos índices:

- a) Domínio: relacionados a um contexto estratégico onde as medidas de desempenho podem estar posicionadas. Exemplos: qualidade, custo, inovação.
- b) Foco: está relacionado a diferenciação entre drivers e resultados.
- c) Grupos-alvo: diferença entre acionistas, cliente, fornecedor, funcionário.
- d) Nível organizacional: onde o KPI é escolhido, sendo estratégico, tático ou operacional.

A utilização de uma categoria e uma subcategoria é sugerida por Domínguez et.al (2018). Como por exemplo o uso do domínio (qualidade, custo) atrelado com o processo de produção e fabricação.

Para Slack et.al (2006), existem cinco objetivos gerais de desempenho, sendo eles a qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Algumas possíveis métricas para cada objetivo de desempenho são:

- a) Qualidade: tempo médio entre falhas; número de defeitos por unidade; número de reclamação de consumidor.
- b) Velocidade: tempo de ciclo; frequência de entrega; tempo de resposta ao cliente.
- c) Confiabilidade: aderência a programação; porcentagem de pedidos entregues sem atraso.
- d) Flexibilidade: tempo de mudança de máquina; tempo de setup; tempo de alteração de programação
- e) Custo: produtividade da mão de obra; variação no orçamento; custo por hora de produção.

Por exemplo, um indicador de qualidade utilizado é o de número de defeitos por unidade, e uma das formas de medir esse desempenho é através do PPM, realizando medições em um período estabelecido para verificar quantas peças possuem defeitos.

O cálculo do PPM é realizado dividindo o número de peças com defeito pelo número de peças produzidas, e multiplicando o resultado por um milhão. Isso significa o quanto de produto com defeito seria produzido em uma produção de um milhão de peças.

A associação de diversos índices de desempenho, permitem que a empresa consiga enxergar de forma mais ampla o seu processo e sua evolução ao longo do tempo.

Além disso, a utilização de KPI permite que os funcionários do chão de fábrica, que não fazem parte da alta direção, consigam receber de forma facilitada a visão e a missão da empresa através dos índices de desempenho chave.

2.6.1 Indicador de *scrap*

Um produto é considerado *scrap* quando a funcionalidade do mesmo foi comprometida e não há a possibilidade de recuperar o produto, gerando assim um custo de produção.

Para Santos (2020), um produto pode ser classificado como *scrap* quando não atende aos padrões de qualidade pré-estabelecidos, quando uma ou diversas de suas características foram danificadas ocasionando uma perda de padrão aceitável para utilização.

A relação direta do *scrap* com a qualidade reflete-se também através de indicadores. Uma métrica de controle de *scrap* pode demonstrar se a produção está sendo realizada dentro da qualidade esperada. Quando o indicador de *scrap* está muito alto, isso significa que algum problema está ocorrendo, seja de máquina, de processo ou mão de obra.

É importante ressaltar que o *scrap* envolve também diretamente os índices de custo da empresa, pois foi utilizado material, energia, equipamento, tempo de produção e mão de obra para produzir um produto que será descartado.

Com isso, um dos focos das fábricas tem sido relacionado a diminuição dos indicadores de *scrap*, aplicando metas cada vez menores para que seja possível, aliado a todos os setores tanto de produção, quanto de qualidade e quanto de manutenção, evitar o desperdício que afeta não só ambientalmente, mas também o custo e consequentemente o lucro da empresa.

2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são recursos que possibilitam identificar e melhorar a qualidade de processos e produtos. Não são apenas utilizadas para resolver problemas, mas também como parte do planejamento para atingir metas e objetivos.

Para Santos (2020), os objetivos das ferramentas da qualidade são:

- a) Facilitação da visualização e entendimento do problema;
- b) Sintetização do conhecimento e as conclusões;
- c) Desenvolvimento da criatividade;
- d) Permitir o conhecimento do processo;
- e) Fornecimento de elementos para monitorar os processos.

Com essas ferramentas é possível alcançar um grau de eficiência elevado, e assim auxiliar a empresa em seu crescimento contínuo. Através delas pode-se encontrar a causa raiz de problemas e propor planos de ação para resolvê-los. E conseqüentemente, otimizar os processos e a produção da empresa.

Para tomada de decisões relacionadas aos problemas que serão analisados, as ferramentas servem como base, pois com elas é possível ter uma análise de dados e informações para nortear as ações.

Sete são as ferramentas da qualidade: Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Diagrama de causa e efeito; Diagrama de dispersão; Histograma; Fluxograma; Gráfico de Controle.

Cada uma delas possui um objetivo e um modo de ser utilizada. Além de serem aptas para serem usadas em diversas situações. No Quadro 4 é possível observar as ferramentas, sua definição e para o que são utilizadas.

Quadro 4 – Ferramentas da Qualidade

Ferramentas	O que é	Para que utilizar
Folha de verificação	Planilha para a coleta de dados	Para facilitar a coleta de dados pertinentes a um problema
Diagrama de Pareto	Diagrama de barra que ordena as ocorrências do maior para o menor	Priorizar os poucos, mas vitais
Diagrama de causa e efeito	Estrutura do método que expressa, de modo simples e fácil, a série de causa de um efeito (problema)	Ampliar a quantidade de causas potenciais a serem analisadas
Diagrama de dispersão	Gráfico cartesiano que representa a relação entre duas variáveis	Verificar a correlação entre duas variáveis
Histograma	Diagrama de barra que representa a distribuição da ferramenta de uma população	Verificar o comportamento de um processo em relação à especificação
Fluxograma	São fluxos que permite a visão global do processo por onde passa o produto	Estabelecer os limites e conhecer as atividades
Gráfico de controle	Gráfico com limite de controle que permite o monitoramento dos processos	Verificar se o processo está sob controle

Fonte: Santos (2020, p.31).

Todas essas ferramentas auxiliam a empresa a identificar os potenciais problemas e causas, controlar seu processo, coletar dados e também podem ser agregadas a utilização de duas ou mais ferramentas para uma visão mais completa da organização.

Algumas delas utilizam gráficos e abordagens que auxiliam na visualização mais simplificada da análise. Outras utilizam técnicas para focar nos problemas.

Para decidir quais ferramentas utilizar, é interessante que haja um acordo em todas as áreas envolvidas, como produção, qualidade e manutenção por exemplo. Isso faz com que seja viável discutir e fundamentar as decisões baseadas em informações importantes, reuniões, estudos, entre outros.

Com as ferramentas, as habilidades e as competências dos funcionários que fazem parte da equipe envolvida podem ser potencializadas, pois elas tornam disponíveis técnicas e métodos para atingir o objetivo proposto.

Para Mezomo (2001), as ferramentas são classificadas como estratégicas ou estatísticas. As estratégicas são aquelas que auxiliam a gerar ideias, classificar fenômenos ou dados, estabelecem prioridades, investigam causas e entendem os diversos processos que ocorrem na produção.

Já as estatísticas são usadas para medir o desempenho demonstrando dados de diversas formas com a finalidade de evidenciar e conseqüentemente auxiliar na tomada de decisão.

Para ser viável a utilização de algumas das ferramentas, tornam-se necessários a coleta de dados seja no setor da produção, ou da qualidade, ou qualquer outro setor envolvido.

Com isso, percebe-se que com a aplicação das ferramentas da qualidade, a empresa pode ser beneficiada em diferentes vertentes e em diversos objetivos, sejam eles relacionados a qualidade, a produtividade, a diminuição de custo e outros inúmeros exemplos.

2.7.1 Diagrama de Pareto

O gráfico ou diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade que foi criada por um economista italiano chamado Vilfredo Pareto em meados do século dezenove para descrever a desigualdade das riquezas.

Segundo Giocondo (2011), foi Juran que inseriu o diagrama de Pareto em problemáticas da qualidade. Ele visualizou o gráfico e o adaptou separando em dois tópicos baseados na importância: pouco vital ou muito trivial.

O objetivo de Juran era demonstrar que uma grande parte dos problemas eram provenientes de causas pequenas, que impactavam o todo. E que com essas causas identificadas e corrigidas, seria possível eliminar o problema analisado.

Ele é um diagrama que demonstra os itens analisados e a classe nas ordens da quantidade de ocorrências, e apresentando assim a soma acumulada de todos.

O gráfico de Pareto possui barras verticais, em que cada barra é quantificada e inserida em ordem decrescente de ocorrência ou influencia, tornando assim uma forma mais visual e evidente a ordem de importância dos problemas. Ou seja, ela contribui para que sejam direcionadas e priorizadas as ações para correção ou melhoria.

As primeiras barras do gráfico são as causas que mais geram impacto no processo estudado. Logo, elas são as que devem ser extinguidas primeiro, para assim enxergar um resultado mais satisfatório.

De acordo com o princípio de Pareto, que é conhecido pela regra 80/20, o diagrama apoia que 80% das consequências surgem de 20% das causas. Ou seja, uma parcela menor pode ser a causa dos maiores problemas dentro das empresas.

Na figura 4 é possível ver a representação de um diagrama de Pareto.

Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Pareto

O gráfico de Pareto, intitulado 'Gráfico de Pareto', apresenta o eixo vertical rotulado '% DE DEFEITOS' variando de 0% a 100% em incrementos de 20%. O eixo horizontal, rotulado 'Tipo de defeito', mostra seis categorias: A, B, C, D, E e D. As barras representam o percentual de defeitos para cada tipo, e uma linha curva acumulada conecta os pontos superiores das barras. O tipo de defeito A representa aproximadamente 35%, B cerca de 25%, C cerca de 15%, D cerca de 10%, E cerca de 10% e o último D cerca de 5%. A linha acumulada indica que os tipos A, B e C representam cerca de 75% dos defeitos, enquanto os tipos A, B e C representam cerca de 75% dos defeitos.

Tipo de defeito	% de Defeitos
A	35%
B	25%
C	15%
D	10%
E	10%
D	5%

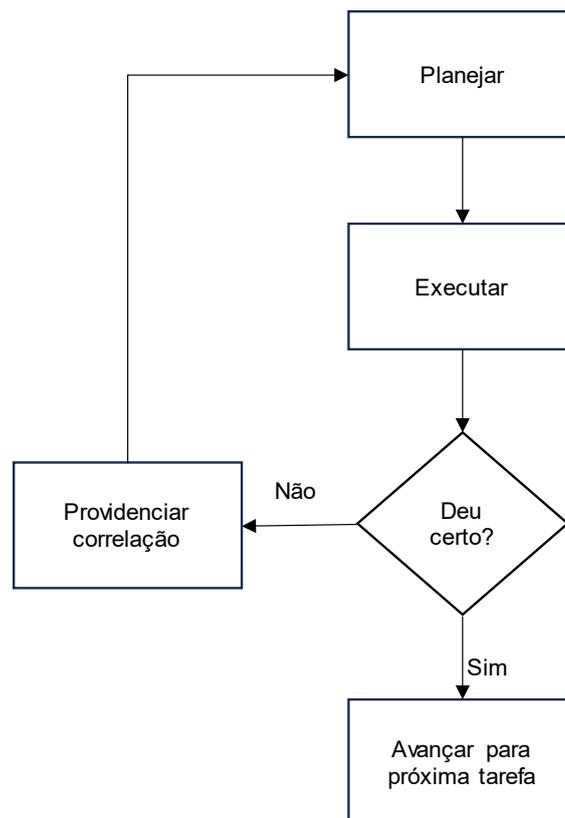
Fonte: Freire et.al (2019, p.140).

2.7.2 Fluxograma

O fluxograma pode ser definido, de acordo Freire et.al (2019), como uma ferramenta da qualidade utilizada no gerenciamento de processos, possuindo a finalidade de garantir a qualidade e elevar a produtividade, auxiliando na padronização das ações nas tarefas.

Ele é uma representação gráfica onde o fluxo do processo e das sequencias das ações são demonstrados, tornando que tenha uma visão geral do processo de uma maneira mais simples. É utilizado símbolos diferentes que significam entradas, saídas, processos, decisão, entre outros. Na Figura 5 é observado um exemplo básico de um fluxograma de um processo.

Figura 5 – Exemplo de fluxograma



Fonte: Santos (2020, p.34).

A ferramenta, de acordo com Santos (2020), dá suporte e analisa o processo, fazendo com que seja visualizada cada etapa que ocorre e destacar as etapas mais críticas.

Os símbolos utilizados possuem a função de deixar o fluxo de uma forma lógica e sequencial, para assim facilitar a análise que será feita através do fluxograma.

Por ser uma ferramenta de fácil compreensão, ela permite que seja compartilhada em todos os níveis da empresa para um rápido entendimento das atividades. E assim facilitar a comunicação entre os envolvidos, padronizar as ações estabelecidas e alastrar informações no processo.

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A natureza da pesquisa foi classificada como aplicada pelo fato de gerar resultados práticos e aplicando os conhecimentos no estudo. A pesquisa aplicada possui a finalidade de criar soluções aos desafios humanos e assim, compreender como lidar com o mesmo.

A pesquisa exploratória foi a escolhida para guiar essa dissertação por ser uma pesquisa que explora uma problemática para assim fornecer informações mais precisas sobre uma investigação. Nessa pesquisa é possível ter informações com aspecto qualitativo e posteriormente quantificá-los, e também aprimorar ideias.

O estudo de caso foi o método utilizado para a dissertação devido à realização da mesma ter sido numa empresa do polo industrial de Manaus. O estudo de caso tem como uma de suas funções a explicação dos acontecimentos usando gráficos, tabelas ou quadros e assim podendo analisar os estudos realizados. O método possui quatro características:

- a) Particularismo: é realizado em uma situação particular, entregando uma análise prática de desafios da vida real.
- b) Descrição: a descrição detalhada do assunto escolhido é entregue no resultado final.
- c) Explicação: auxilia na compreensão do objeto submetido a análise, criando novas perspectivas e visões do mesmo.
- d) Indução: utilização de um raciocínio indutivo, promovendo novas relações entre elementos.

Nos estudos de casos, as fases envolvidas para realizá-lo são a definição e desenvolvimento da pesquisa, seguido pela coleta de dados, depois realizado

a análise desses dados e por fim a exposição dos resultados e considerações finais.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Na primeira etapa do trabalho foi realizado o levantamento bibliográfico através da base de dados do *Web of Science* de artigos que auxiliassem no embasamento da dissertação. Nessa pesquisa foi levado em consideração os referenciais que tiveram correlação aos seguintes assuntos: Logística reversa, Lixo eletrônico, SMD, Qualidade, Lean Manufacturing, KPI e Ferramentas da qualidade. Além disso clássicos literários de autores como Juran e Deming foram utilizados.

Para refinar a pesquisa bibliográfica foram utilizadas as seguintes características definidas no Quadro 5:

Quadro 5 – Refinamento da pesquisa

Característica	Refinamento
Linguagem	Inglês/Português
Tipo de recurso	Artigos
Data de publicação	2017 a 2022
Seleção Primária	Título/Palavras chaves

Fonte: Próprio autor (2023).

O periódico capes dentro de sua plataforma facilita a pesquisa tanto em qualidade quanto em quantidade dos estudos por conta da sua robustez. Conforme foram designados os filtros de acordo com a seleção de estudos, o afinamento foi possível para a pesquisa bibliográfica da pesquisa.

A pesquisa foi feita de forma avançada no portal, a fim de obter resultados mais enxutos com o proposto, também levando em consideração a linguagem em inglês e português. As strings criadas podem ser observadas no quadro 6.

Quadro 6 – Estratégia e filtragem de busca

Composição	Qtd. Resultados	Critério de exclusão	Total de artigos lidos
(reverse logistic) OR (intern reverse logistic)	2.437	Linguagem - Inglês e Português Tópico - Logística reversa	22
(electronic waste) AND (reverse logistic)	146	Linguagem - Inglês e Português Tópico - Eletrônica	19
(KPI) AND ((management) OR (scrap))	3.075	Linguagem - Inglês e Português Tópico - Indicadores	10
(Lean Manufacturing) AND (process)	892	Linguagem - Inglês e Português Tópico - Teoria do Lean Manufacturing e redução de desperdício	12
(Printed circuit board) AND (SMD)	24	Linguagem - Inglês e Português Tópico - Definição	5

Fonte: Próprio autor (2023).

Além dos artigos lidos, também foram utilizados clássicos literários sobre o tópico de qualidade para trazer um olhar teórico de grandes percursos da temática proposta.

Na segunda etapa foi feita a análise inicial onde foram coletados todos os dados referentes ao indicador chave de desempenho de Taxa de perda de material, o descarte de placas em relação ao total produzido, ambos no período de Janeiro de 2022 a Dezembro de 2022. Também os custos de *scrap* de placa e de material.

Na terceira etapa foram valorados os itens para assim determinar os três ofensores principais através da utilização da ferramenta do Diagrama de Pareto. A análise dos dados gerados durante as etapas iniciais foi realizada através do sistema interno da empresa e compilado pelo autor nesse mesmo sistema. Com isso foi possível iniciar o plano de ação alinhado através do *brainstorming* entre os diversos setores envolvidos, engenharia, manutenção, qualidade, produção e planejamento.

Após isso, foram coletados os dados do índice de desempenho de Taxa de Perda de Material no período de Janeiro de 2023 até Junho de 2023. E com a implantação do plano de ação e os dados coletados foi possível fazer uma

comparação entre os resultados do indicador sem o reaproveitamento das peças no ano de 2022 e com o reaproveitamento no ano de 2023.

3.3 COLETA DE DADOS

O método de estudo de caso utiliza a coleta de dados de situações reais, podendo ser quantitativos ou qualitativos, com a finalidade de explicar e descrever os acontecimentos, sendo primordial para realização desse estudo proposto.

A coleta de dados deve ser bem planejada para que o estudo de caso não seja comprometido e coloque em risco a qualidade e apresentação dos resultados obtidos.

Os seguintes dados foram coletados através do sistema interno da empresa estudada:

- a) KPI de Taxa de Perda de Material do ano de 2022 oriundo do setor da qualidade;
- b) Custo de perda de Material do ano de 2022 oriundo do setor da qualidade;
- c) Dados de defeitos geradores de *scrap* oriundo do setor da qualidade;
- d) Dados de *scrap* de placas oriundo do setor da qualidade;
- e) Valor de matéria-prima (Componente eletrônico) oriundo do setor de custos;
- f) Valor do produto acabado (Placas) oriundo do setor de custos;
- g) KPI de Taxa de Perda de Material do ano de 2023 oriundo do setor da qualidade;

Esses dados foram coletados através de planilhas, tabelas e relatórios pelo autor, no sistema interno da empresa que são gerados pelos setores de

qualidade e custos demonstrando uma abordagem multissetorial. Os dados levantados foram do período de Janeiro de 2022 até Junho de 2023.

3.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O objetivo principal da pesquisa veio através da matriz da companhia que definiu que o KPI de Taxa de Perda de Material deveria ser reduzido em 40% em relação ao resultado do ano anterior.

A premissa desse projeto então foi atender a demanda da matriz, ou seja, conseguir diminuir diretamente o índice de perda de matéria prima dentro da fábrica onde para que isso fosse possível, foi aplicado um plano de ação através do método de logística reversa interna.

O estudo de caso foi realizado numa empresa de eletrônicos de grande porte no Polo Industrial de Manaus. A realização do estudo foi de Janeiro a Junho de 2023, pois foi delimitado que o estudo teria 6 meses de aplicação e monitoramento, devido ao fato de que o inventário da fábrica é no mês de junho e ele serve para visualizar quanto de matéria prima de fato a fábrica perdeu durante o período de produção.

O setor SMD foi escolhido como objeto de estudo devido o conhecimento do autor no processo e a possibilidade de aplicar um plano de ação no mesmo. Além disso, o setor de SMD possui várias possibilidades como a retroalimentação de componentes eletrônicos devido suas especificações de processo.

A delimitação do estudo está voltada para dentro do processo de montagem automática de placas, conhecidas como linhas de SMD.

Apesar da fábrica ter outras linhas de montagem de placa, a aplicação da pesquisa refere-se apenas a parcela da fábrica que possui sete linhas de montagem automática de componentes, através de máquinas. Cada linha tem doze máquinas, todas as linhas são igualitárias de forma funcional, ou seja, sem diferença no processo produtivo, todas as linhas tem capacidade para produzir todos os modelos de forma igual.

Todo o estudo, desde o planejamento, aplicação e monitoramento, está interligado a essas sete linhas e suas máquinas, dessas linhas foram retirados os dados então expostos na pesquisa. Assim como a aplicação do projeto ocorreu de forma igualitária para as sete linhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A base desse estudo de caso utilizou resultados reais advindos da conjuntura apresentada pela empresa no ano de 2022 que serviu como ponto precursor no planejamento para o ano subsequente, 2023, dados nos quais foram difundidos diversos temas que corroboraram para o fechamento dos índices chaves de gerenciamento anual, comumente conhecidos como KPI.

Dentre os índices apontados, um em questão: Taxa de perda de Material, se tornou o então objetivo central desse estudo, ou seja, logo após toda análise e aprofundamento do entendimento em cima da problemática, veio a aplicação dos métodos e ações idealizadas para o projeto, para que assim se chegasse em resultados plausíveis para a empresa matriz do caso.

Na tabela 1, logo abaixo, apresentam-se os principais indicadores do ano de 2023, onde evidencia-se o item 3, que é o índice Taxa de perda de Material, que trata de um KPI voltado para perda de materiais no processo produtivo de modo geral, o mesmo se apresenta de forma percentual através do custo em reais resultante mês a mês.

TABELA 1 - KPI 2023

Categoria	N.	KPI	Unidade	'22 Resultado	'23 Meta	(%) Melhoria
KPI	1	Taxa de operação (Eficiência)	%	84,50	85,00	1%
	2	Taxa de retorno de Defeito	PPM	466,00	420,00	-10%
	3	Taxa de Perda de Material	%	0,15	0,09	-40%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

Logo, pôde-se perceber que o grande desafio seria justamente o tema abordado nessa dissertação, pois tal indicador apresentava uma meta de melhoria muito maior do que os demais KPI, se qualificando assim com um grau

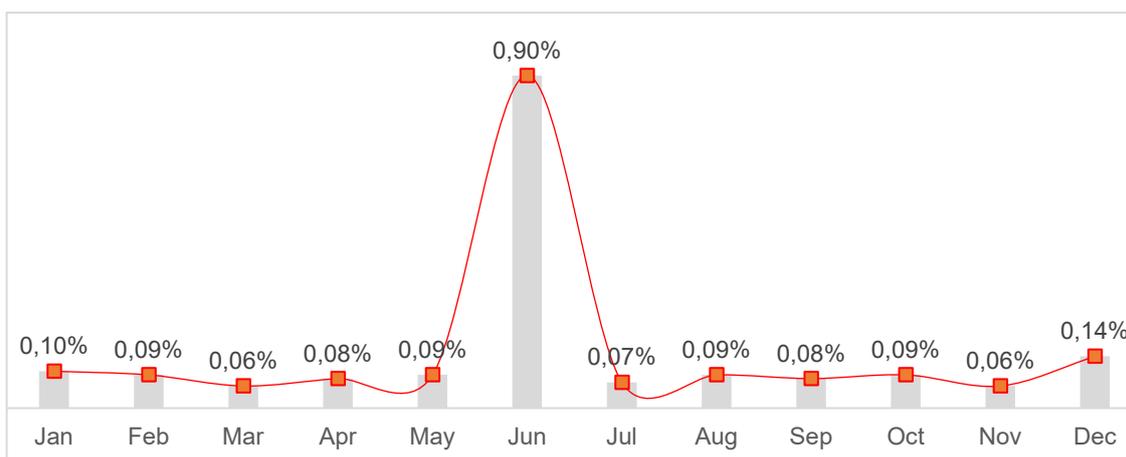
de suma importância de gerenciamento para a empresa, observando também que através dela outros indicadores melhorariam por tabela. Ressalva-se que a meta é definida com base no que a matriz da companhia usa como média e referência global.

4.1 ANÁLISE INICIAL

Primeiramente, em janeiro de 2023, foi preciso estratificar os dados do ano de 2022 para entender o cenário atual da fábrica naquele dado momento e também servir de comparativo ao fim do estudo.

O projeto teve seis meses de duração, finalizado em junho do ano de 2023, mês esse que é o de inventário geral da fábrica, e todo ajuste de matéria-prima é feito nesse período. O gráfico 1 demonstra o resultado do ano anterior.

GRÁFICO 1 – RESULTADO DA TAXA DE PERDA DE MATERIAL EM 2022



ANO	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%	0,07%	0,09%	0,08%	0,09%	0,06%	0,14%	0,15%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

Logo, é possível visualizar no gráfico que há uma discrepância no mês de junho, que é o mês de inventário geral, isso ocorre porque para ajustar o material físico com sistema é necessário declarar a perda como scrap, assim todo ajuste de contagem de material entra na contabilização desse mês. Por causa disso o mês de junho encontra-se com o KPI de Taxa de perda de Material mais elevado que o normal, mas o foco da pesquisa foi olhar o resultado final de 0,15% de média geral de perda, e partir desse resultado propor a diminuição.

O percentual do KPI é um cálculo feito sobre a perda total do custo de material descartado, dividido pelo valor de custo total de matéria-prima utilizada na produção durante o mesmo período.

Como mensalmente a companhia deve reportar para sua matriz a contabilização geral de perdas da sua matéria-prima, fazendo uma correlação monetária, a mesma contabiliza sua despesa com perdas em material levando em consideração toda matéria-prima consumida durante o mês e quanto de fato foi usada no produto final acabado.

Ressalva-se que a mesma é precificada conforme a própria matriz da companhia indica, então usa-se uma tabela de valor referência para cada matéria prima, observa-se esse exemplo na Tabela 2 onde foram estratificados valores, conforme abaixo.

TABELA 2 – VALORES DE COMPONENTES

Posição	Valor (R\$)
IC101	81,03
IC8100	10,42
IC100	97,12
IC100	97,12
IC101	81,03
IC8800	10,64
IC8800	10,64
IC8100	10,42
IC100	122,1

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

Ao avaliar todo esse contexto, logo, ficou evidente que o IC é o principal entre os maiores valores de matéria-prima. Foi, então, válido ressaltar na análise que o componente com maior valor é o chamado circuito integrado, conforme consta alguns desses valores na tabela acima, porque ele tem um valor muito maior que os demais componentes.

O mesmo se trata do principal componente que compõe a placa, por conseguinte, ele que serviu como norte para aplicação das ações de retroalimentação no processo que serão descritas mais explicitamente adiante.

Somando tudo isso, o valor agregado de uma placa produzida nessa empresa se torna muito maior do que apenas um simples componente eletrônico, devido a sua alta capacidade e qualidade de produzir vários produtos distintos, na Tabela 3, logo abaixo, é possível visualizar a estratificação do custo de algumas placas.

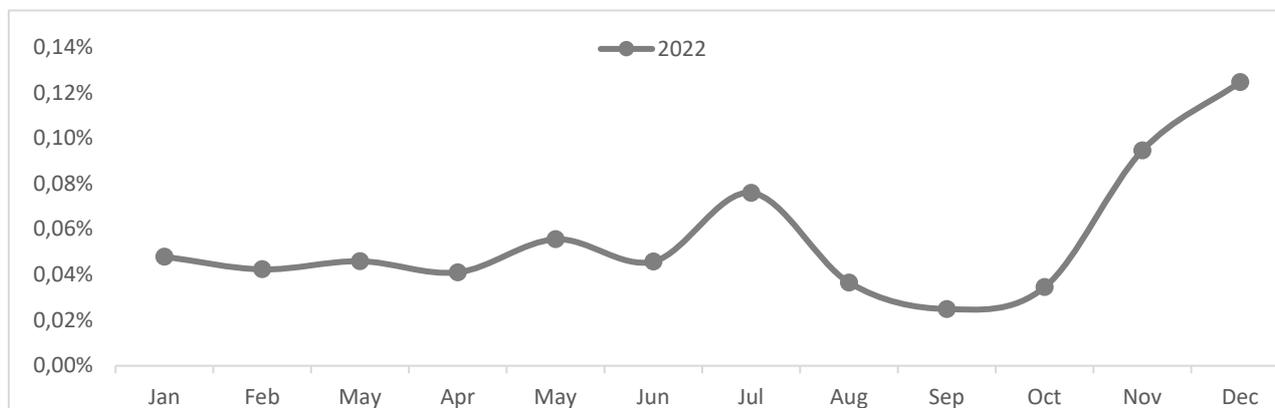
TABELA 3 – VALORES DE PLACAS

Número de Série	Placa	Valor (R\$)
EB XXX – 2	TV	204,28
EB XXX – 6	TV	101,52
EB XXX – 4	TV	135,50
EB XXX – 5	TV	134,51
EB XXX – 2	TV	165,10
EB XXX – 1	TV	308,42
EB XXX – 2	TV	109,03
EB XXX – 3	TV	210,80

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

Como demonstrado, pôde-se analisar que o valor agregado de um produto acabado é maior do que o valor isolado de componente a componente, e mensalmente gerava-se um custo altíssimo para companhia com o descarte da placa que diretamente afetava o KPI de Taxa de Perda de Material.

No gráfico 2, logo abaixo, pode-se observar a quantidade total de placas descartadas mês a mês dentro da empresa durante o ano de 2022.

GRÁFICO 2 – DESCARTE DE PLACAS EM RELAÇÃO AO TOTAL PRODUZIDO EM 2022

Month	Jan	Feb	May	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Scrap	236	232	268	230	370	245	483	310	253	286	537	547
Prod.	492.374	547.958	583.343	560.090	666.025	534.917	635.631	847.445	1.015.158	828.236	567.764	438.901
%	0,05%	0,04%	0,05%	0,04%	0,06%	0,05%	0,08%	0,04%	0,02%	0,03%	0,09%	0,12%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

O descarte da placa era refletido no montante final do custo total mês a mês com perda de material. Na tabela 4 é possível enxergar o exemplo de 2022, de como é feito a contabilização do custo total com *scrap* de componente.

TABELA 4 – TAXA DE PERDA DE MATERIAL

Grupo	Org.	Produção em Massa Custo em Reais (R\$)	Soma Scrap Componente Custo em Reais (R\$)	Percentual (%)
Televisor	(TV)	R\$ 343.545.117,94	R\$ 220.453,35	0,10%
	(OLED TV)	R\$ 5.442.527,50	R\$ 133.544,06	
Monitor	(Monitor TV)	R\$ 11.720.574,84	R\$ 13.116,45	0,27%
	(Monitor)	R\$ 33.409.977,58	R\$ 108.247,54	
Linha Branca	(Ar-Condicionado)	R\$ 12.293.017,93	R\$ 25.350,57	0,25%
	(Microondas)	R\$ 5.344.227,44	R\$ 18.456,27	
Mídia	(Mídia Tipo 1)	R\$ 10.745.844,15	R\$ 10.779,45	0,15%
	(Mídia Tipo 2)	R\$ 1.284.589,92	R\$ 5.322,62	
	(Mídia Tipo 3)	R\$ 1.645.385,06	R\$ 4.157,48	
Computador	(All in one)	R\$ 8.628.364,56	R\$ 99.563,34	1,15%
	(Notebook)	R\$ 1.858.188,31	R\$ 1.546,24	0,08%
TOTAL		R\$ 435.917.815,23	R\$ 640.537,37	0,15%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

O percentual de perda foi de 0,15% no ano de 2022 que serviu como base analítica do estudo.

Então, os dados foram confrontados, para que a análise se tornasse mais robusta e pudesse se chegar em uma conclusão satisfatória da causa de perda de matéria-prima para a empresa.

Utilizando como referência o ano de 2022, conforme pôde-se ver nas tabelas acima, tanto para *scrap* de placa, como para o *scrap* total de matéria-prima, era essencial que a conclusão fosse baseada em números monetários, valores em reais, para que tais evidências fossem expostas para alta direção, pois o principal ponto da companhia era redução de custo em dinheiro, e não apenas números quantitativos. Logo exemplificou-se abaixo, como foi feita tal análise no valor do custo de *scrap* de placas de 2022:

TABELA 5 – CUSTO SCRAP PLACAS (2022)

Grupo	Org.	Quantidade '22	Valor Scrap (R\$)
Televisor	(TV) (OLED TV)	3504	R\$ 353.997,41
Monitor	(Monitor TV) (Monitor)	1188	R\$ 121.363,99
Linha Branca	(Ar-Condicionado) (Microondas)	435	R\$ 43.806,84
Mídia	(Mídia Tipo 1) (Mídia Tipo 2) (Mídia Tipo 3)	208	R\$ 20.259,55
Computador	(All in one) (Notebook)	1009	R\$ 101.109,58
TOTAL		6344	R\$ 640.537,37

Fonte: Adaptado pelo autor (2023).

A tabela acima usou os valores de matéria-prima contidos na tabela 2 como referência. Assim, foi feito o levantamento da quantidade de scrap de placas em 2022, contabilizando item a item da placa, resultando em uma somatória final de 6344 unidades de placas, no valor total agregado de R\$ 640.537,37. A tabela 5 demonstra esse resultado.

4.2 ESTRATIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS OFENSORES

Em um segundo momento foi feito o levantamento dos causadores dessas perdas. A fábrica utiliza então como base para controle e monitoramento de perda da sua matéria-prima, o chamado índice de montagem por máquina e o levantamento de *scrap* ocasionado por modos de falhas em seu processo, tudo isso resulta um valor em reais que cada linha perde durante o mês de produção.

4.2.1 Valores de scrap de Placas em Reais por Linha

Defeitos são oriundos de diversos tipos de modos de falhas. Dentre várias tipologias de causas, encontra-se o chamado *scrap* de placa, esse que se torna item principal para a compilação resultante do custo de perda de material mês a mês. A julgar que apenas uma única placa requer em média por volta de 300 componentes, logo, seu custo na perda de material será muito superior do que apenas a não montagem de um único componente na placa.

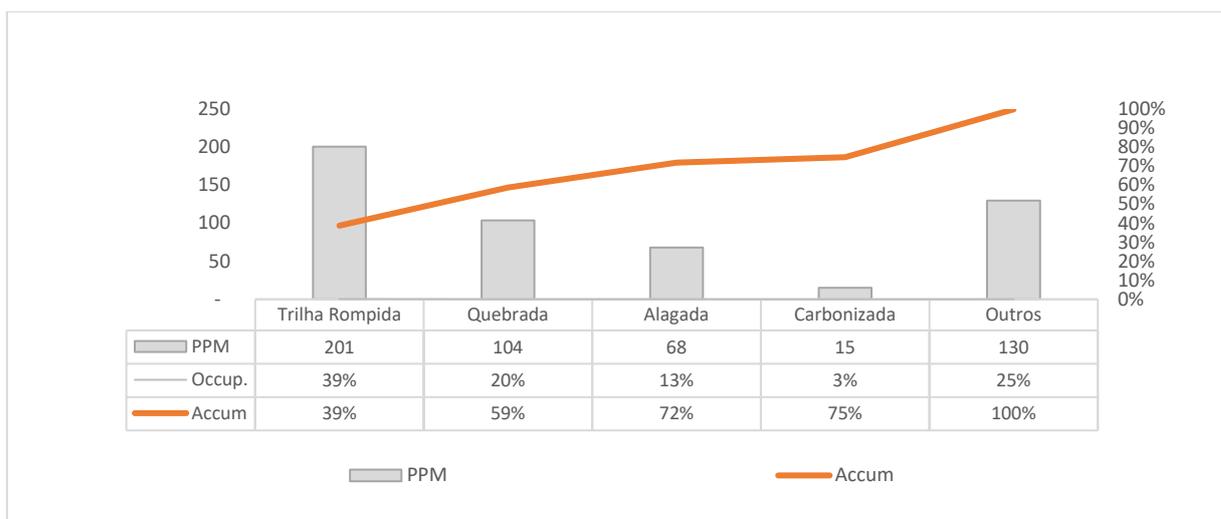
A mesma usa um sistema interno próprio para lançamento de defeitos ocasionados no processo, onde cada linha de produção é logada nesse sistema e individualmente são contabilizados os defeitos de cada linha, logo sendo possível estratificar esses defeitos de forma acumulada, linha a linha.

4.2.2 PPM E DIAGRAMA DE PARETO

Através do Diagrama de Pareto foi possível enxergar qual o tipo de ação deveria ser tomado. O banco de dados do ano de 2022 foi extraído do sistema onde contém todas as informações que são necessárias para criação da análise das causas, e foi juntado a quantidade de *scrap* total e o número de produção acumulada durante o mesmo período para se tirar o valor de PPM e montar o Diagrama de Pareto.

Então vide gráfico 3, logo abaixo, é possível visualizar as principais causas raízes de *scrap* de placa.

GRÁFICO 3 – CAUSAS DE SCRAP



Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Com esta análise foi possível verificar onde seria o ponto de qual caminho tomar, sendo os seguintes níveis de classificação das causas de *scrap* de placa:

- a) Trilha Rompida: Placa encontra-se muitas das vezes em perfeito estado estético e componentes intactos.
- b) Quebrada: Placa esteticamente danificada, passível de outros componentes também estarem danificados.
- c) Alagada: Placa com curto de solda, esteticamente danificada passível de outros componentes também estarem danificados.

- d) Carbonizada: Placa esteticamente danificada, passível de outros componentes também estarem danificados.

Concluiu-se então que seria definido um plano de ação em torno da temática do *scrap* de placa, para que se fosse possível atingir melhores índices de redução no custo de perdas de matéria-prima. Pois, com análise de Pareto mostrou-se viável a reutilização de componentes, visto que a trilha rompida em nada afeta o reaproveitamento dos componentes, de forma física e funcional.

Logo, visou-se que o mesmo ainda resguardaria o máximo de qualidade possível como matéria-prima quando reutilizado em outras placas. Ou seja, o produto acabado que é a placa, não seria impactado, sendo considerado como um produto de mesma qualidade em relação a uma placa produzida sem desvio.

4.3 PLANO DE AÇÃO

Com todo o levantamento feito através de estudos e análises usando como referência os dados do ano de 2022, foi feito um *brainstorming* no mês de Dezembro de 2022, junto com os setores de Engenharia, Manutenção, Qualidade, Produção e Planejamento, com um total de vinte participantes, sendo quatro de cada setor. Anualmente é realizado esse *brainstorming* dentro da fábrica para fazer o levantamento dos resultados de KPI do ano e propor alternativas e ações que possam colaborar para o atingimento das metas do ano seguinte.

O resultado principal obtido no *brainstorming* foi o de desenvolvimento de uma cadeia que retroalimentasse o próprio processo com matéria-prima que pudesse ser reutilizada, usando o conceito de logística reversa, e os respectivos responsáveis e as definições.

A qualidade seria responsável de fazer o levantamento e monitoramento de dados de *scrap* de placas através do sistema interno da empresa. O planejamento ficaria responsável por consolidar os dados de matéria-prima e a contabilização da perda. A produção ficou responsável por direcionar a placa

defeituosa para o setor de reparo. E a engenharia e manutenção ficaram responsáveis de dar suporte em ações que diminuíssem o processo de *scrap* de placas.

Para isso, primeiramente foi analisado uma forma de vincular o controle desse processo da melhor forma, onde o setor de qualidade pudesse controlar e monitorar a quantidade de *scrap* mês a mês. Foi criado então uma área dentro da própria sala de reparo onde ficariam alocados as placas *scrap* que seriam jogadas no lixo ou não.

Também, toda placa só poderia ser descartada, caso fosse gerado um documento com seu número de série, indicando o não uso da placa, o motivo do descarte e seu responsável, onde ao final de todo mês seria recolhido o montante junto com o documento para que fosse levado até o setor de resíduos apropriados.

No setor de resíduos seria confrontado o material físico com o documento evitando qualquer tipo de desvio ou falha no processo de gerenciamento de descarte de placas, validando toda a cadeia desse monitoramento e seu real destino final na casa. O documento pode ser visualizado no Anexo A – Documento de descarte de placas.

Ficou definido também no *brainstorming*, junto com todos os setores responsáveis listados acima, que toda placa que fosse dada entrada no sistema como *scrap* seria analisada por um técnico de reparo, onde o mesmo atestaria qual o nível de classificação. Se o mesmo avaliasse que a placa estava em boas condições sem danos físicos nos componentes, ele as separava para área de *scrap*.

Quando ocorresse algum reparo de placa do processo, fazia-se a remoção dos componentes necessários que o mesmo precisasse para repor em uma placa com defeito, sem precisar solicitar da área de materiais um novo componente para fazer o reparo.

Foi decidido pela gerência então fazer uma introdução gradual no processo e analisar quais resultados iriam ser obtidos durante o primeiro mês de

2023 e conseqüentemente abrir margem para comprovar junto a alta direção o investimento no projeto.

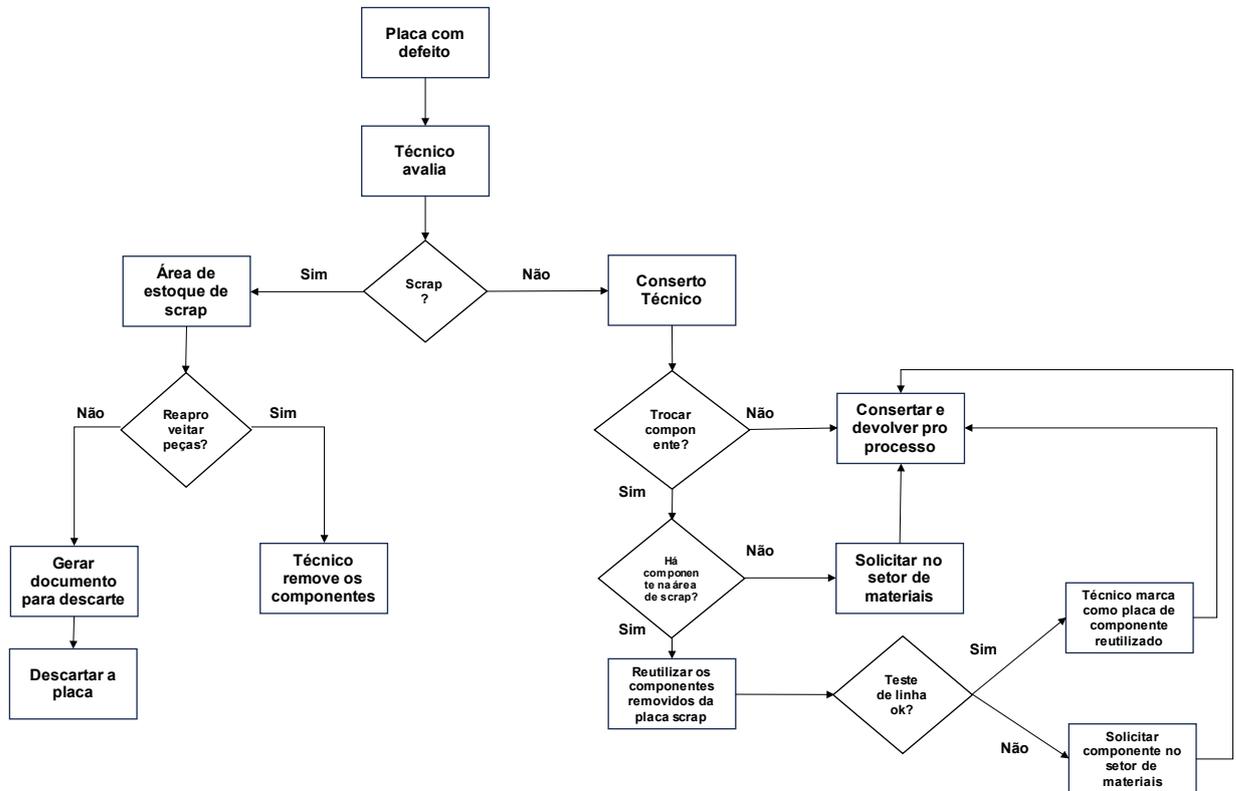
4.3.1 FASE UM (FASE INICIAL DE TESTE)

O técnico de reparo é um profissional especializado que possui dentro das suas atividades a análise de defeitos diversos apresentados em placas. Esse mesmo técnico, fica responsável por validar e atestar o bom funcionamento ou não da placa.

No *brainstorming* foi definido por todos os presentes que o fluxo inicial na primeira fase seria de apenas flexibilizar a operação através do próprio técnico de reparo de placas, seguindo o seguinte conceito: o mesmo iria reutilizar componentes das placas que eram *scraps* para fazer conserto de placas com defeito.

A ferramenta da qualidade utilizada foi o fluxograma para mapear o processo e torná-lo de melhor visualização para todos os envolvidos. Na Figura 6 pode-se observá-lo.

Figura 6 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material



Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Abaixo na tabela 6, é verificado o resultado de reaproveitamento de componentes no primeiro mês da ação, resultando no total de 541 componentes reaproveitados. Utilizando a tabela de preços foi possível chegar no valor de R\$ 2.046,39 salvos.

TABELA 6 – QUANTIDADE DE COMPONENTES REAPROVEITADOS (JANEIRO 2023)

Grupo	Qtd.
Televisor	275
Monitor	152
Linha Branca	37
Mídia	72
Computador	5
TOTAL	541

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Levando em consideração que o processo foi apenas uma ação inicial, sem muita complexidade e investimento, onde em um mês foi guardado um montante que significou naquele mesmo período a redução de 5,36% no percentual de perda de material, conforme vê-se na Tabela 7.

TABELA 7 – RESULTADO TAXA DE PERDA DE MATERIAL (JANEIRO 2023)

Org	Item	23.Jan
	Despesa	R\$ 74.668.221,22
	Scrap Componente	R\$ 38.155,93
	Meta	0,09%
	Resultado	0,05%
Total	Atingimento KPI	176,12%
	Qtd. Componentes reaproveitados	541
	Valor Salvo	R\$ 2.046,39
	Percentual Salvo	5,36%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Conseqüentemente, como o resultado de 0,05% em janeiro de 2023 foi altamente satisfatório, a fase 2 foi aceita pela gerência e implementada no mês subsequente. Ressalvou-se na análise e discussão com a direção que além do bom número, o resultado ficou abaixo da meta esperada de 0,09% no KPI, logo no primeiro mês de implementação do projeto. A tabela 7 acima demonstra o resultado.

4.3.2 FASE DOIS (IMPLEMENTAÇÃO DA AÇÃO FINAL)

Nessa segunda fase foi realizada uma complementação mais robusta da Fase 1 e com investimento da subsidiária com contratação primeiramente de um colaborador técnico a mais, decidido pela gerência após analisar os primeiros resultados, para que ficasse especificamente com a atividade de avaliação técnica do defeito de *scrap* e a remoção dos componentes passíveis de reaproveitamento.

Tal investimento custará ao final do ano de 2023 para fábrica um total em torno de R\$ 56.000,00 (Cinquenta e Seis Mil reais). Esse valor investido foi provisionado para ajustar o ganho real previsto ao fim desse mesmo ano, porém como o projeto em si, foi de duração de 6 meses, foi levado em consideração apenas a metade do custo total, ficando como despesa de investimento para o projeto presente nessa dissertação o valor de R\$ 28.000,00 (Vinte e Oito Mil reais).

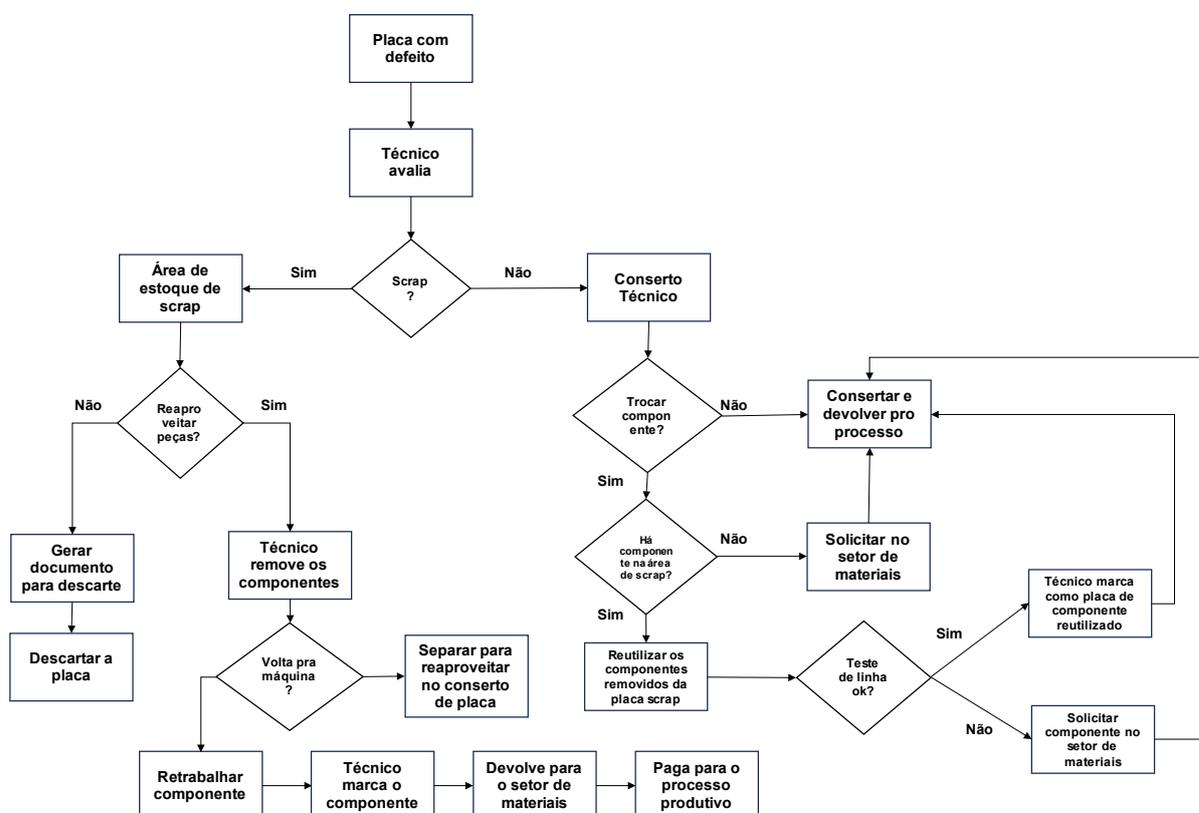
Basicamente com isso foi possível separar todo tipo de componente, pois com uma pessoa exclusivamente exercendo essa atividade e dando atenção especial essencialmente aqueles com maior valor de custo, faria com que o técnico de reparo não precisasse dividir seu tempo nessa atividade.

Os *Chips* de circuito integrado que são os componentes de maior valor em custo para uma placa, podem ser reaproveitados manualmente pelo próprio técnico, assim como também é possível de serem reutilizados na máquina de

montagem com possibilidade de reuso de matéria-prima desde o início do processo produtivo.

Logo abaixo no fluxograma da figura 7, foi evidenciado em que ponto foi inserida a segunda fase do projeto dando mais vazão e colaborando ainda mais para o reaproveitamento de matéria-prima.

Figura 7 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material na Fase 2



Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

4.3.2.1 MONITORAMENTO

Ao final da implementação, deu-se início a fase de monitoramento que pôde-se atestar a eficácia através da comprovação dos números que não apenas

uma mera cadeia, mas como um conceito de reaproveitamento de matéria-prima que pode gerar resultados satisfatórios dentro de uma empresa.

O monitoramento foi realizado pelo autor do estudo através do acompanhamento dos indicadores semanais de taxa de perda de material e através da observação do fluxo implementado. Os registros desse monitoramento foram anotados nos relatórios de KPI e os indicadores são compilados no sistema interno da empresa.

4.4 RESULTADO FINAL

Para realizar a análise foram utilizados dados do KPI de Taxa de Perda de Material do mesmo mês do ano anterior e do mesmo mês do ano corrente como objeto de comparação, com isso foram expostos os resultados abaixo, na tabela 8.

TABELA 8 – TAXA DE PERDA DE MATERIAL (COMPARATIVO 2022 E 2023)

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%
Meta	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
2023	0,05%	0,04%	0,06%	0,03%	0,07%	0,13%
Atingimento	● 180%	● 225%	● 150%	● 300%	● 129%	● 69%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

O nível de atingimento foi satisfatório com a implementação das ações para que se conseguisse atingir uma redução na Taxa de Perda de Material em todos os meses exceto em Junho.

O mês de junho para empresa, é o mês onde se apresenta um volume maior na Taxa de Perda de Material, por causa do seu inventário geral de matéria-prima devido a implementação de novos modelos que virão para o

próximo ano, fazendo com que todo o estoque possa vir a ser ajustado ao máximo possível para que seja consumido no produto que está saindo de linha. Por esse fator o indicador não atingiu a meta.

Porém, não só em relação a meta, ressaltou-se também a relação do resultado com o ano anterior, muito acima do esperado conforme pode ser observado na tabela 9, logo abaixo, tornando mais robusto ainda a satisfação final do projeto.

TABELA 9 – COMPARAÇÃO MÊS A MÊS (COMPARATIVO 2022 E 2023)

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%
2023	0,05%	0,04%	0,06%	0,03%	0,07%	0,13%
Atingimento	● 200%	● 225%	● 100%	● 267%	● 129%	● 692%

Fonte: Adaptado pelo Autor (2023)

Na tabela 9 é possível verificar que o atingimento do ano de 2023 ao comparado ao ano de 2022 foi de no mínimo 100% melhor, demonstrando que o projeto foi satisfatório.

4.4.1 RESULTADO FINAL NO MÊS DE INVENTÁRIO

O mês de inventário é o mês onde não foi atingida a meta em 2023, porém ao compará-lo com o resultado do ano anterior demonstrou a eficiência da implementação do projeto na fábrica, devido ao fato de que houve um aumento de 692%, comprovando que além do estoque de matéria-prima estar consumindo perto daquilo que é o esperado, o processo de reuso de componentes é eficaz dentro da realidade desse processo produtivo.

Ressalvado que mesmo não atingindo a meta esperada de 0,09%, no inventário, a média final entre os mesmos períodos dos anos mostra que os 6

primeiros meses são superiores no mês corrente, conforme evidenciado na tabela 10, abaixo.

Tabela 10 – Média acumulada até junho (Comparativo 2022 e 2023)

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média Ac.
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%	0,22%
2023	0,05%	0,04%	0,06%	0,03%	0,07%	0,13%	0,06%
Atingimento	● 200%	● 225%	● 100%	● 267%	● 129%	● 692%	● 269%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

4.4.2 RESULTADO FINAL DE GANHOS EM REAIS PARA COMPANHIA

Então, a última análise a ser feita foi justamente o ganho em valor monetário para a empresa, pois assim fecharia o ciclo de comprovação que de fato a ferramenta aplicada no processo foi eficaz para a redução do indicador difundido em todo o estudo. Vide tabela 11 abaixo, onde têm-se a contabilização geral da quantidade reutilizada durante esse período.

Tabela 11 – Quantidade de componentes reciclados até junho de 2023

Item	Qtd.
IC	522
Outros SMD	2.151
Total	2.673

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Logo abaixo, na tabela 12, verifica-se o valor em reais desse mesmo período, transformado pela quantidade de acordo com a tabela de preço de cada componente.

Tabela 12 – Valor total dos componentes reciclados até junho de 2023

Item	Valor
IC	R\$ 78.634,08
Outros SMD	R\$ 10.475,37
Total	R\$ 89.109,45

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

É possível visualizar na tabela 13, os valores mês a mês alcançados durante os 6 primeiros meses de 2023, que gerou os resultados expostos no índice da Taxa de Perda de Material.

Tabela 13 – Valor estratificado de componentes reciclados até junho de 2023

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
Despesa	74.668.221,22	57.135.494,59	72.166.734,39	67.328.831,76	64.989.099,49	64.248.678,77
Scrap Comp.	R\$ 38.155,93	R\$ 43.247,83	R\$ 40.789,01	R\$ 47.405,62	R\$ 59.484,11	R\$ 81.460,34
Resultado	0,05%	0,08%	0,06%	0,07%	0,09%	0,13%

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Conclui-se então, levado em consideração os dados expostos, onde na somatória geral de perda, durante os 6 meses iniciais do ano, ficou no valor total de R\$ 310.542,84 e o que foi salvo ficou no valor total final de R\$ 89.109,45, que o valor salvo com o projeto significa um montante de 29% de ganho do valor total de *scrap* de componentes no ano de 2023.

CONSIDERAÇÕES

Trata-se de um processo onde o conceito de logística reversa não é pleno, pois não há uma cadeia onde o produto final chegue até um consumidor final. Porém a ferramenta da logística reversa para o projeto em questão foi mais colaborativo no sentido conceitual, bem como, por se tratar de uma situação onde o grande desafio era justamente a redução do indicador de KPI para a companhia que serviu como objeto de estudo de caso.

Logo, fazendo a correlação com o conceito de logística reversa, considerando que o produto final seria a placa, o estudo se tornou plausível para o caso, pois está presente a característica de: reuso, reaproveitamento e reciclagem de material, onde o descarte seria seu destino final.

Com a média de 0,06% do indicador nos seis primeiros meses de 2023 o objetivo principal desse estudo de caso foi alcançando. Logo, todo o estudo fez-se sentido, pois além de saldo positivo, o projeto pode comprovar que há meios possíveis de se fazer o reuso ou reciclagem de materiais dentro de uma cadeia interna. Podem ser propostos trabalhos futuros com a finalidade de aperfeiçoar a acuracidade de material no mês de inventário.

Com o projeto foi possível atingir uma economia no valor em reais de R\$ 89.109,45, e o valor salvo com a aplicação significa um montante de vinte e nove por cento de ganho do valor total de *scrap* de componentes no ano de 2023.

Além disso foi evitado o descarte de 2.673 componentes em ótimo estado no período de seis meses do estudo aplicado, fazendo com que fosse atingido não apenas um ganho financeiro, mas também uma contribuição para diminuição de resíduos eletrônicos descartados.

CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Contribuições Acadêmicas

O estudo sobre a reutilização de componentes eletrônicos oferece uma oportunidade de abrangência de um tema relevante que envolve tanto o custo quanto a sustentabilidade. O lixo eletrônico é um assunto pertinente e a busca por alternativas para seu descarte e redução é alta.

A forma do projeto além de eficaz em número, ele se torna multidisciplinar, trazendo benefícios que podem gerar outras fontes de projetos futuros para outras empresas. Sendo assim o mesmo servirá como exemplo para outras possíveis formas de aplicação desse projeto, em outras áreas, e não obstante a isso, aplicações de novas ideias que podem ser também geradoras de reutilização e reaproveitamento de matéria-prima.

Contribuições Econômicas

O estudo de caso permitiu que fosse atingida uma economia de R\$89.109,45 através da reutilização de componentes em bom estado no processo produtivo. Em comparação com o ano de 2022, o ganho foi de vinte e nove por cento no indicador de perda de material permitindo com que a fábrica atingisse a meta estipulada ao iniciar o projeto.

Contribuições Sociais

Os impactos relevantes para a sociedade acontecem tanto na sustentabilidade gerada de redução de lixo eletrônico quanto na conscientização de reaproveitamento de peças. Com a alternativa apresentada no estudo de reutilização de componentes eletrônicos, demonstra que é possível evitar descartes de placas completas e assim reduzir a quantidade de lixo. Sendo assim pode-se levar em consideração que o entendimento sobre logística

reversa vai mais a fundo do que somente daquele amplamente difundido que é onde precisa existir o consumidor final. Pois, pode se agregar a sociedade que todo e qualquer tipo de reuso ou reaproveitamento de forma segura e lógica pode trazer benefícios.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônico. **Brasília**, p. 1-179, 2013.

ALTHAF, S., BABBITT, C., & CHEN, R. The evolution of consumer electronic waste in the United States. **Journal of Industrial Ecology**, v.25(3), p.693-706, 2021.

ALVES, D., & FARINA, M. Disposal and reuse of the information technology waste: A case study in a Brazilian university. **European Business Review**, v.30(6), p.720-734, 2018.

CAIADO, N., GUARNIERI, P., XAVIER, L., & DE LORENA DINIZ CHAVES, G. A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits (RLC) and an analogy with the existing carbon credit market. **Resources, Conservation and Recycling**, v.118, p.47-59, 2017.

CARDOSO, C., ALVES, A., SANTOS, M., BERTOLINI, G. Logística reversa do lixo eletrônico: definição de um novo local para um ponto de coleta na cidade de Cascavel-PR. **Mix Sustentável: Florianópolis**, v.9, n.2, p.51-62, 2023

DEMAJOROVIC, J., AUGUSTO, E. FERNANDES, E. & DE SOUZA M. Logística reversa de reee em países em desenvolvimento: Desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Revista ambiente & sociedade**. v.19(2), 2016.

DEMING, W. Qualidade: a revolução da administração. **Rio de Janeiro: Marques Saraiva**, 1990.

DESTICIOGLU, B., CALIPINAR, H., OZYORUK, B., & KOC, E. Model for Reverse Logistic Problem of Recycling under Stochastic Demand. **Sustainability (Basel, Switzerland)**, v.14(8), p.4640, 2022.

DOMÍNGUEZ, E., PÉREZ, B., RUBIO, A. L., ZAPATA, M. A. A Taxonomy for Key Performance Indicators Management. **Computer Standards & Interfaces**, 2018.

DORO, M. M. Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2006.

FEIGENBAUM, Armand V. Controle da qualidade total. **São Paulo: Makron Books**, 1994.

FERRAZ, P. H. R. Characterization and diagnosis of the process of reuse of electronic waste: case study in a specialized center in Recife, Pernambuco, Brazil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 24, p. e6, 2022.

FERREIRA JÚNIOR, R., GEMAQUE, S., MELO, A., MARTINS, V. & NUNES, D. Proposta de um desenho da cadeia reversa para resíduos eletroeletrônicos. **Revista metropolitana de sustentabilidade**. v.6(3), p.123-145, 2016.

FRANCO, A. S.; MOREIRA, C. S.; VASCONCELOS, C. C.; CABRAL, A. B. Reaproveitamento de placas de circuito impresso: uma revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 341–351, 2021.

FREIRE, A. S., BOBOT, L. S., CORRÊA, R. A. N., VIEIRA, M. D., CASTRO, A. O., OLIVEIRA, A. C. Redução de indicadores de sucata por meio de ferramentas da qualidade: um estudo de caso de uma indústria metal mecânico, segmento duas rodas. **ITEGAM-JETIA**, v. 05, n. 19, p. 136-144, 2019.

GOVINDAN, K., AGARWAL, V., DARBARI, J., & JHA, P. An integrated decision making model for the selection of sustainable forward and reverse logistic providers. **Annals of Operations Research**, v.273(1-2), p.607-650, 2017.

ILANKOON, I., GHORBANI, Y., CHONG, M., HERATH, G., MOYO, T., & PETERSEN, J. E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. **Waste Management (Elmsford)**, v.82, p.258-275, 2018.

ISHIKAWA, Kaoru, Controle da qualidade a maneira japonesa. **Rio de Janeiro: Campos**, 1993.

ISLAM, M., & HUDA, N. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, v.137, p. 48-75, 2018.

JURAN, J. Juran on planning for quality. **New York: The Free Press**, 1988.

JURAN, J. Quality Control Handbook. **McGraw-Hill**, 1988.

LI, W., & ACHAL, V. Environmental and health impacts due to e-waste disposal in China – A review. **The Science of the Total Environment**, v.737, p.139745, 2020.

MAVI, R.K., GOH, M. & ZARBAKSHNIA, N. Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. **Int J Adv Manuf Technol** v.91, p.2401–2418, 2017.

MELLO, A. R. Sistema de inspeção visual de placas de circuito impresso para linhas de produção em pequenas séries em um contexto multiagentes. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2015.

MELO, D. F. F. Desenvolvimento de máquina automática para inspeção óptica de placas de circuito impresso em pequenas séries. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2013.

MEZOMO, J. C. Gestão da qualidade na saúde: Princípios básicos. **Manole**, 2001.

MORAIS, M. R. Reciclagem de resíduos de indústria de placas cerâmicas: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado), **Universidade de São Paulo**, 2002.

OBANA, F., SPEROTTO, L., MARINHO, M., SANTOS, R. Reutilização e reciclagem de equipamentos de informática em uma cidade de pequeno porte. **Revista Compartilhar: São Paulo**, v.3, p.63-69, 2019.

OHNO, T., “O Sistema Toyota de Produção”, **Bookman**, São Paulo, 1988.

PAGAN, R. P. Seleção de componentes eletrônicos durante o Processo de Desenvolvimento de Produtos de empresas brasileiras. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Itajubá**, 2013.

PEREIRA FILHO, E., DE OLIVEIRA, M., DE SOUZA, C., YANAI, A., DE OLIVEIRA, M. & GOMES, V. Estudo bibliométrico da produção científica sobre

logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista metropolitana de sustentabilidade**. v.9(1), 2019.

RAUTELA, R., ARYA, S., VISHWAKARMA, S., LEE, J., KIM, K., & KUMAR, S. E-waste management and its effects on the environment and human health. **The Science of the Total Environment**, v.773, p.145623, 2021.

RENE, E., SETHURAJAN, M., KUMAR PONNUSAMY, V., KUMAR, G., BAO DUNG, T., BRINDHADEVI, K., & PUGAZHENDHI, A. Electronic waste generation, recycling and resource recovery: Technological perspectives and trends. **Journal of Hazardous Materials**, v.416, p.125664, 2021.

RIBAS, R. P., REIS, A. I., LUBASZEWSKI, M. S. Concepção de Circuitos e Sistemas Integrados. **RITA**, v.8, 2001.

RIEGER, T. J. Resíduos eletroeletrônicos: uma análise do setor empresarial do município de Gravataí/RS. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2018.

ROSSINI, V. & NASPOLINI, S. Obsolescencia programada e meio ambiente: A geração de residuos de equipamentos eletroeletronicos. v.3(1), p.51(21), 2017.

SANTOS, L. O. Aplicação do MASP na redução de índices de sucata numa linha de montagem de placas notebook – Empresa do Polo Industrial de Manaus. Dissertação (Mestrado), **Universidade do Minho**, 2020.

SLACK, N., BRANDON-JONES, A., JOHNSTON R. Administração da Produção. **Editora Atlas**, 8ª Edição, 2018.

SCHNEIDER, E. L., GRASSI, G. D., AMICO, S. C., CHAVES, R. de A., MAZZUCA, D. C., & ROBINSON, L. C. Reaproveitamento de resíduo de placas de circuito impresso como cargas em compósitos de polipropileno. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 3, p. e-12832, 2020.

SHITTU, O., WILLIAMS, I., & SHAW, P. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Management (Elmsford)**, v.120, p.549-563, 2021.

SOUZA, C., SANTOS, L. Um estudo do avanço da indústria 4.0 e os desafios logísticos do Polo Industrial de Manaus. **Revista Foco**, v. 15, n. 4, p. 0468, 2022.

SOUZA, R., GALHARDI, A. O Lean Manufacturing na otimização de processos produtivos. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 17203–17216, 2022.

TAVARES, O. G. A relação dos indicadores de desempenho da logística portuária com os indicadores de desempenho da logística internacional. **Revista Eletrônica De Estratégia & Negócios**, v. 11, n. 1, p. 80, 2018.

UHLMANN, I. R., Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing em um processo de Smt: Estudo De Caso. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal do Pará**, 2015.

VASILEIOU, E., GEORGANTZIS, N., ATTANASI, G., & LLERENA, P. Green innovation and financial performance: A study on Italian firms. **Research Policy**, p.51(6), v.104530, 2022.

VASILENOK, V., FILIMONOVA, A., ALEKSASHKINA, E., & MERZHANOVA, V. Reverse logistic. **Economics and Environmental Management**, v. (2), p.182-188, 2020.

VELOSO, L., LEMOS, F., ARAUJO, D. Lean Manufacturing: Uma Revisão Sistemática de Literatura. **EnANPAD**, 2022.

ANEXOS

ANEXO A – DOCUMENTO DE DESCARTE DE PLACAS

DOCUMENTO: DESCARTE DE PLACAS / NÚMERO DO PROTOCOLO: XX-XX2023-XX					
LOGO DA EMPRESA	DATA DO DESCARTE	ASSINATURA			
		RESPONSÁVEL PELO DESCARTE	SUPERVISOR	GERENTE	DIRETOR
EVIDÊNCIA		MATERIAL: QUANTIDADE: FÁBRICA: TIPO DE DESCARTE:			
OBSERVAÇÕES:					
DATA DO RECEBIMENTO		RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO		SETOR	