



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

VINICIUS ANTUNES DE MENEZES

**DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS EM
UMA INDÚSTRIA CALÇADISTA COM FOCO NA REDUÇÃO DA SUA EMISSÃO
AMBIENTAL**

Recife
2025

VINICIUS ANTUNES DE MENEZES

**DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS EM
UMA INDÚSTRIA CALÇADISTA COM FOCO NA REDUÇÃO DA SUA EMISSÃO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof^{fa}. Dr^a. Marcele Elisa Fontana

Recife
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Menezes, Vinicius Antunes de.

Desenvolvimento de mecanismo para a gestão de resíduos em uma indústria calçadista com foco na redução da sua emissão ambiental / Vinicius Antunes de Menezes. - Recife, 2025.

41 p.

Orientador(a): Marcele Elisa Fontana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2025.

1. Gestão de resíduos. 2. Indústria calçadista. 3. Sustentabilidade. 4. Tecnologia. 5. Reaproveitamento. 6. Gestão visual. I. Fontana, Marcele Elisa. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

VINICIUS ANTUNES DE MENEZES

**DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS EM
UMA INDÚSTRIA CALÇADISTA COM FOCO NA REDUÇÃO DA SUA EMISSÃO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade
Federal de Pernambuco, Centro de
Tecnologia e Geociências, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 09/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Marcele Elisa Fontana
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Janaina Moreira De Meneses
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Guilherme Medeiros Soares De Andrade
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho, primeiramente, à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio incondicional, incentivo e motivação para que eu nunca desistisse dos meus objetivos. Sem vocês, essa conquista não teria o mesmo significado.

Dedico também a todos os professores e colegas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, pois cada um, de alguma forma, contribuiu para o meu crescimento pessoal e profissional.

E, por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam no potencial da pesquisa e da inovação para transformar a indústria e promover um futuro mais sustentável. Que este estudo possa servir como inspiração para novas soluções e iniciativas em prol de um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio e incentivo de diversas pessoas e instituições, às quais expresso minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, que esteve presente comigo nos melhores, mas também nos piores momentos desta jornada. Houveram muitos dias difíceis, mas Ele sempre esteve lá, me segurando e me nutrindo com todo o seu amor e fé.

Agradeço também à minha família, por todo o amor, paciência e compreensão ao longo desta jornada acadêmica. Seus incentivos e palavras de apoio foram fundamentais para que eu pudesse seguir em frente nos momentos mais desafiadores, sem o apoio de cada um deles eu não teria chegado até aqui.

À minha orientadora, Marcele Elisa Fontana, minha sincera gratidão pela dedicação, pelas orientações valiosas e pela confiança depositada em mim durante, não só o desenvolvimento deste trabalho, mas também em diversos outros momentos da minha graduação. Seu conhecimento e disponibilidade foram essenciais para o meu desenvolvimento e o deste estudo. O seu amor ao ensinar inspira cada um em seu caminho.

Aos colegas de curso, que compartilharam essa trajetória acadêmica comigo, proporcionando trocas enriquecedoras, apoio mútuo e aprendizado constante. Nossa caminhada foi repleta de desafios, mas também de muitas conquistas.

À equipe da empresa objeto de estudo, pela oportunidade de aprendizado e pela experiência adquirida, que contribuiu significativamente para a construção deste estudo. A vivência prática foi fundamental para consolidar os conhecimentos e compreender melhor os desafios da indústria.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada conselho, incentivo e contribuição foram essenciais para que este projeto se concretizasse.

“O que fazemos hoje, determina como o mundo será amanhã.”

Marie Von Ebner-Eschenbach

RESUMO

A gestão eficiente de resíduos na indústria calçadista é um desafio crucial para minimizar impactos ambientais e reduzir desperdícios. Este estudo teve como objetivo geral desenvolver mecanismo para a gestão de resíduos em uma indústria calçadista para redução da sua emissão ambiental por meio do descarte e incineração. Para isso, a pesquisa foi estruturada com abordagem exploratória, método hipotético-dedutivo, combinando técnicas qualitativas e quantitativas. A metodologia contemplou inicialmente um estudo de caso em uma indústria calçadista real, localizada no interior de Pernambuco, onde se aplicou a ferramenta FCA (Fato, Causa e Ação) para identificar e analisar as causas do problema relacionado ao acúmulo de resíduos, especialmente de PVC. A coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas, entrevistas com funcionários e análise documental, possibilitando o mapeamento do fluxo de materiais e das falhas no reaproveitamento. Para tanto, foi desenvolvido um aplicativo, utilizando a plataforma AppSheet, que permitiu o registro e monitoramento dos resíduos gerados por um componente específico das sandálias produzidas na empresa de estudo, em tempo real. Além disso, foram implementadas ferramentas de gestão visual para facilitar a organização dos materiais reaproveitáveis e otimizar sua reintegração ao processo produtivo. A implementação do aplicativo possibilitou um maior controle e rastreabilidade dos materiais, promovendo a reintegração de resíduos ao processo produtivo e reduzindo significativamente a emissão de desperdícios. Ademais, a gestão visual aprimorada contribuiu para a organização dos materiais e a conscientização dos colaboradores. Os resultados obtidos evidenciaram benefícios tanto ambientais quanto econômicos, reforçando a importância da inovação tecnológica na sustentabilidade industrial. Este estudo contribui para a literatura ao demonstrar como tecnologias acessíveis e soluções visuais podem impactar positivamente a gestão de resíduos industriais, sugerindo a replicação do modelo em diferentes setores manufatureiros.

Palavras-chave: Gestão de resíduos; Indústria calçadista; Sustentabilidade; Tecnologia; Reaproveitamento; Gestão visual.

ABSTRACT

Efficient waste management in the footwear industry is a crucial challenge to minimize environmental impacts and reduce waste. The general objective of this study was to develop a mechanism for waste management in a footwear industry to reduce its environmental emissions through disposal and incineration. To this end, the research was structured with an exploratory approach, hypothetical-deductive method, combining qualitative and quantitative techniques. The methodology initially included a case study in a real footwear industry, located in the interior of Pernambuco, where the FCA (Fact, Cause and Action) tool was applied to identify and analyze the causes of the problem related to the accumulation of waste, especially PVC. Data collection was carried out through direct observations, interviews with employees and document analysis, enabling the mapping of the flow of materials and failures in reuse. To this end, an application was developed using the AppSheet platform, which allowed the recording and monitoring of waste generated by a specific component of the sandals produced in the study company, in real time. In addition, visual management tools were implemented to facilitate the organization of reusable materials and optimize their reintegration into the production process. The implementation of the application enabled greater control and traceability of materials, promoting the reintegration of waste into the production process and significantly reducing waste emissions. In addition, improved visual management contributed to the organization of materials and employee awareness. The results obtained demonstrated both environmental and economic benefits, reinforcing the importance of technological innovation in industrial sustainability. This study contributes to the literature by demonstrating how accessible technologies and visual solutions can positively impact industrial waste management, suggesting the replication of the model in different manufacturing sectors.

Keywords: Waste management; Footwear industry; Sustainability; Technology; Reuse; Visual management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. Condição do material coletado.	36
Figura 1. Tipos de descarte para resíduos.	21
Figura 2. Modelo ERP.	22
Figura 3. Definição do 5H2H	25
Figura 4. Fluxograma de ações do projeto.	27
Figura 5. Interface do AppSheet.	29
Figura 6. Avaliação de origem da sobra.	31
Figura 7. Menu inicial do aplicativo.	32
Figura 8. Interface do aplicativo desenvolvido.	33
Figura 9. Página para acompanhamento de registros no aplicativo.	34
Figura 10. Painel de controle do estoque de sobras.	34
Figura 11. Vista frontal do estoque de sobras antes.	35
Figura 12. Vista superior do modelo de gestão visual implementado no processo.	35
Figura 13. Porcentagem das condições do material.	37

LISTA DE ABREVIACÕES

PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinil
EVA	Etileno acetato de vinil
NBR	Norma Brasileira
ERP	Enterprise Resource Planning
MRP	Manufacturing Resource Planning
FCA	Fato, Causa e Ao

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA.....	16
2.1.1 Desafios do gerenciamento de resíduos em indústrias.....	16
2.1.2 Impactos da falta de controle de resíduos na indústria.....	17
2.1.3 Principais resíduos gerados na produção de calçados.....	18
2.2 TECNOLOGIAS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA.....	20
2.2.1 Aplicativos e soluções Low-Code para a Indústria.....	21
2.3 GESTÃO VISUAL E FERRAMENTAS DE CONTROLE.....	21
2.4 FERRAMENTA FCA E OUTRAS FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO.....	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	24
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	24
3.2.1 Identificação do problema.....	25
3.2.2 Coleta de dados.....	26
3.2.3 Desenvolvimento de aplicativo de gestão de resíduos.....	26
3.2.4 Testar e validar o aplicativo.....	27
3.2.5 Reestruturação da gestão visual do ambiente de estoque de sobras.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	29
4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	29
4.3 APLICATIVO DESENVOLVIDO.....	30
4.4 GESTÃO VISUAL DO ESTOQUE DE SOBRAS.....	33
4.5 SEGMENTAÇÃO DE DADOS E REINTEGRAÇÃO DO MATERIAL.....	34
4.6 MELHORIAS IDENTIFICADAS.....	34
5 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A indústria de calçados no Brasil desempenha um papel significativo, tanto na economia quanto na geração de resíduos sólidos, representando um dos maiores desafios ambientais enfrentados pelo setor. Com cerca de 6 mil empresas no país, o setor gera aproximadamente 600 toneladas de resíduos industriais por dia (Chagas et al., 2021), o que destaca a necessidade urgente de práticas mais eficazes de gestão de resíduos.

De acordo com Silva e Santos (2016), a forma como este material é segregado e descartado é crucial para a minimização dos impactos ambientais. A inadequada gestão dos resíduos, especialmente daqueles classificados como perigosos, como o couro curtido com cromo e os polímeros plásticos, pode resultar em contaminação significativa do solo e da água. Bortoleto et al. (2017) complementam que a ausência de um controle adequado sobre os elementos descartados pela indústria pode não apenas comprometer os ecossistemas terrestres e aquáticos, mas também agravar os riscos à saúde pública devido ao acúmulo de substâncias tóxicas.

Além dos resíduos sólidos, outro problema recorrente na indústria calçadista é o descarte de resíduos químicos, como adesivos e solventes, utilizados nos processos de colagem e acabamento. Esses produtos, quando manuseados ou descartados de maneira inadequada, podem representar graves riscos ambientais e à saúde dos trabalhadores. Segundo Chagas et al. (2021), a indústria de calçados utiliza até 40 tipos diferentes de materiais, sendo os principais o couro, o poliuretano (PU), o PVC e outros polímeros plásticos, cada um deles gerando sobras que requerem diferentes abordagens de gerenciamento.

Contudo, implementar essas práticas de gestão de resíduos na indústria de calçados não é uma tarefa simples, muitas vezes, requer altos investimentos em tecnologia e treinamento de pessoas. Sistemas integrados de gestão ambiental têm se mostrado uma solução eficaz para otimizar o controle e o monitoramento destes materiais gerados. Conforme Cunha et al. (2023), esses sistemas permitem o monitoramento contínuo das sobras geradas em processos, oferecendo uma análise detalhada de desempenho e possibilitando a identificação de pontos críticos que necessitam de melhorias no processo produtivo.

Outro ponto relevante na administração de sobras de material na indústria de calçados é a implementação de instrumentos de controle visual, que facilitam a comunicação e a compreensão do processo de separação e descarte de resíduos. A atualização dos sistemas de gestão tem um papel crucial nesse cenário, particularmente com a adoção de soluções integradas. Conforme menciona Rawat (2023), a atualização dos sistemas ERP é vital para a transformação digital das indústrias, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, com o intuito de melhorar os processos operacionais.

Nesse contexto, a transformação digital viabilizada pela atualização dos sistemas de gestão, conforme destaca Rawat (2023), oferece às organizações a oportunidade de implementar práticas mais eficazes de rastreamento e gestão de resíduos, alinhando-se com as diretrizes ambientais e fortalecendo sua competitividade no mercado global. Assim, a adoção de tecnologias inovadoras, combinada com boas práticas de gestão visual, se torna um diferencial estratégico para assegurar sustentabilidade e eficiência operacional na indústria de calçados.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um aplicativo para a gestão de resíduos em uma indústria calçadista, voltada à produção de sandálias de borracha e PVC, para a redução da sua emissão ambiental.

Para isso, os seguintes objetivos específicos devem ser atingidos:

- Compreender sobre o problema da falta de gerenciamento e reaproveitamento de resíduos na indústria objeto de estudo;
- Identificar o(s) problema(s) de gestão de resíduos na empresa objeto de estudo utilizando a ferramenta FCA para análise de causa;
- Desenvolver um aplicativo para auxiliar na gestão de resíduos e mitigação do problema;
- Testar e validar o aplicativo desenvolvido;
- Implementar e verificar os resultados no estudo de caso.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Este projeto oferece uma contribuição significativa para a formação de um

engenheiro mecânico, proporcionando uma vivência prática e aplicada na gestão de resíduos dentro do contexto industrial. Ele destaca a relevância de aprimorar processos produtivos para diminuir desperdícios e aumentar a eficiência operacional. A aplicação de uma tecnologia, complementada por metodologias como gestão visual e monitoramento digital, fortalece habilidades cruciais para o especialista, como a análise de processos, a criação de soluções inovadoras e a aplicação de abordagens sustentáveis no setor de manufatura.

Para a empresa analisada, esta pesquisa oferece avanços importantes ao melhorar a administração de resíduos, disponibilizando ferramentas e métodos que garantem maior controle sobre os materiais descartados e sua reintegração no ciclo produtivo. O desenvolvimento do aplicativo e sua associação com metodologias de gestão visual tornam mais fácil a rastreabilidade dos resíduos, diminuem os custos operacionais e aumentam a eficiência no uso de recursos. Além disso, a adoção dessas práticas melhora a imagem da empresa no mercado, reafirmando seu comprometimento com inovação e sustentabilidade, aspectos que estão se tornando cada vez mais valorizados pelos consumidores e investidores.

Em relação à sustentabilidade, este trabalho está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela ONU. Ele contribui para o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ao fomentar a aplicação de uma solução tecnológica inovadora para a gestão de resíduos industriais, para o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover a redução, reutilização e reaproveitamento de materiais, minimizando o desperdício e incentivando práticas sustentáveis, e para o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), ao diminuir a geração de resíduos mal descartados, colaborando para a redução da poluição ambiental e dos impactos climáticos adversos.

Dessa forma, o projeto não só aborda uma questão técnica relevante para a indústria calçadista, mas também fomenta a formação de profissionais mais qualificados, contribui para a competitividade das empresas e promove práticas sustentáveis no setor produtivo e na sociedade de forma geral.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento é composto por cinco seções principais, a seção 1 contém a introdução, a razão para a pesquisa e a organização geral do texto. A seção 2

apresenta a fundamentação teórica, discutindo conceitos chave relacionados ao gerenciamento de resíduos, tecnologias utilizadas na indústria e métodos de melhoria contínua, incluindo a gestão visual e o método 5S. Na seção 3, são expostas a abordagem utilizada na investigação, o contexto do estudo e as táticas empregadas para a coleta e análise dos dados.

A Seção 4 divulga os resultados alcançados com a aplicação do recurso tecnológico e da gestão visual na organização analisada, avaliando os efeitos dessas abordagens na eficácia da gestão de resíduos e na diminuição de desperdícios. Finalmente, a Seção 5 oferece as considerações finais, ressaltando as principais contribuições do trabalho, suas limitações e recomendações para investigações futuras na área.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA

A gestão de resíduos é um conjunto de práticas e processos que visam minimizar a geração de resíduos e otimizar sua destinação de forma ambientalmente responsável e economicamente viável. O referido processo envolve diversas etapas, as quais englobam desde a identificação e classificação dos resíduos gerados até a escolha da melhor alternativa para seu tratamento, reaproveitamento ou descarte final (Soares e Araújo, 2016).

Especificamente em relação à indústria calçadista, questões atinentes à reutilização de materiais poliméricos e à busca por soluções tecnológicas para minimizar a geração de resíduos são constantemente levantadas, sobretudo no que tange ao desenvolvimento de ferramentas que consigam abranger diretamente os materiais e processos envolvidos em todo o ciclo produtivo. Nesse sentido, iniciativas baseadas em digitalização e automação, como o uso de aplicativos para monitoramento de resíduos e o desenvolvimento de estratégias de reaproveitamento, têm sido cada vez mais utilizados para impulsionar o processo de implementação do sistema de gestão de resíduos na indústria (Soares e Araújo, 2016).

2.1.1 Desafios do gerenciamento de resíduos em indústrias

A gestão de resíduos na indústria moderna é um dos maiores desafios enfrentados por empresas de diversos setores. A indústria calçadista é um exemplo típico de um setor que enfrenta desafios significativos na gestão de resíduos. Segundo Chagas et al. (2021), a indústria calçadista possui cerca de 6 mil empresas no Brasil que são responsáveis em média pela geração de mais de 600 toneladas por dia de resíduos industriais.

A forma de segregação e descarte dos resíduos é essencial para minimizar os impactos ambientais e otimizar o gerenciamento de resíduos nas indústrias, Silva e Santos (2016). A variedade de materiais utilizados nos processos produtivos cria um ambiente desafiador para a gestão eficaz, já que cada tipo de resíduo requer um tratamento específico e muitas vezes envolve diferentes técnicas de coleta,

transporte, armazenamento e eliminação. Conforme Bortoleto et al. (2017), a ausência de controle adequado dos resíduos industriais, especialmente resíduos perigosos como metais pesados e plásticos, pode causar poluição significativa dos solos e cursos d'água.

Outro aspecto crítico é o controle e monitoramento de resíduos que diversas vezes demandam altos investimentos em tecnologias e treinamento de pessoal. Para este cenário, Cunha et al. (2023), complementa que, para um bom monitoramento de resíduos industriais, sistemas integrados de gestão ambiental podem ser utilizados, proporcionando uma melhor análise de desempenho e otimização de processos produtivos.

Além disso, a falta de uma gestão eficaz de resíduos pode resultar em consequências empresariais e de notoriedade da marca. Ruthes et al. (2006) apontam que diversas vezes a importância dos aspectos ambientais a nível empresarial surge como uma obrigatoriedade com que muitas empresas estão comprometidas, sendo pressionadas por governos e entidades reguladoras. Assim, as indústrias, além de se adaptarem a essas exigências legais, enfrentam a pressão de implementar soluções mais sustentáveis em um mercado competitivo.

2.1.2 Impactos da falta de controle de resíduos na indústria

A ausência de um controle adequado sobre os resíduos pode resultar em impactos ambientais graves, afetando diretamente o solo, a água e o ar. Por Chagas et al. (2021), a destinação inadequada dos resíduos industriais, em especial, pode contribuir para a degradação ambiental, gerar riscos à saúde pública e comprometer o desenvolvimento sustentável das empresas. Isso ocorre, principalmente, quando os resíduos dos processos produtivos não são geridos de maneira apropriada, levando à contaminação de ecossistemas e ao aumento da poluição.

Ainda de acordo com Chagas et al. (2021), os resíduos sólidos provenientes de sobras e falhas no uso de matérias-primas possuem diversas possibilidades de destino, como o reaproveitamento no processo produtivo, a reciclagem ou o descarte adequado. No entanto, quando o processo de coleta, armazenagem e destinação final desses resíduos é realizado de forma incorreta, os impactos ambientais podem ser significativos. A má gestão dos resíduos não só aumenta a poluição, como também contribui para a saturação de aterros sanitários e a emissão

de gases de efeito estufa, como o metano, exacerbando problemas ambientais globais.

Um exemplo relevante é o couro, material amplamente utilizado na indústria calçadista. O couro gera resíduos significativos durante o processo de corte e conformação, e seu descarte inadequado pode resultar em sérios problemas ambientais, como a contaminação do solo com produtos químicos usados no tratamento do couro, como o cromo (Silva e Santos, 2016). Face a tal problemática, os resíduos sólidos perigosos, como as sobras de couro tratado com cromo, precisam ser armazenados em aterros industriais especializados, devido à sua classificação como resíduos perigosos.

Além das consequências ambientais, a falta de controle e gerenciamento eficaz dos resíduos pode resultar em perdas econômicas. O reaproveitamento dos resíduos, quando bem gerido, pode reduzir os custos operacionais das indústrias, transformando resíduos em novas matérias-primas. Nesse sentido, o gerenciamento eficiente dos resíduos, além de minimizar os impactos ambientais, também pode trazer benefícios econômicos, contribuindo para a sustentabilidade e a competitividade das empresas (Coelho et al., 2011).

2.1.3 Principais resíduos gerados na produção de calçados

A produção de calçados envolve o uso de diversos materiais, cada um gerando diferentes tipos de resíduos ao longo do processo produtivo, entre eles, de acordo com Unido (2000), podem ser utilizados na fabricação de calçados cerca de 40 tipos diferentes de materiais, sendo os principais: 25% de couro, 17% de poliuretano (PU), 16% de borracha termoplástica, 14% de etileno acetato de vinil (EVA), 8% de policloreto de vinil (PVC), 7% de borrachas, 7% de outros materiais (metais, por exemplo) e 6% de materiais têxteis.

- Couro: O couro é amplamente utilizado para a confecção de partes superiores de calçados, como sapatos e botas. Os resíduos sólidos industriais podem ser categorizados como perigosos, como ocorre com os resíduos de couro tratados com cromo, os quais são classificados pela NBR 10.004 como perigosos e necessitam de tratamento adequado para prevenir contaminação, Silva e Santos (2016).

- Plásticos (PVC e PU): O uso de plásticos na indústria calçadista é

predominante, especialmente para a fabricação de solados. O PVC, por exemplo, é um material resistente, mas sua degradação no ambiente é extremamente lenta. O descarte inadequado do PVC pode causar poluição ambiental significativa, devido à sua alta resistência à degradação e à liberação de substâncias tóxicas durante sua decomposição (Chagas et al., 2021).

- Tecidos sintéticos: Os tecidos sintéticos, como o poliéster e o nylon, são amplamente utilizados na produção de calçados esportivos. Após o corte, grandes volumes de resíduos desses tecidos são descartados. Esses materiais têm um tempo de decomposição muito longo, o que aumenta o impacto ambiental quando não são reciclados.
- Resíduos químicos: A indústria calçadista também utiliza uma grande quantidade de adesivos e solventes, que são resíduos perigosos. O manuseio inadequado desses produtos pode resultar em contaminação química do solo e da água, além de representar riscos à saúde dos trabalhadores que os manuseiam.

A gestão eficiente desses resíduos passa pela implementação de práticas de reciclagem, reutilização e redução na fonte, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e reduzir os custos de descarte. Alguns desses direcionamentos de descarte podem ser observados na Figura 1.

Figura 1. Tipos de descarte para resíduos



Fonte: Chagas et al. (2021).

Dessa forma, conforme demonstrado na imagem, é possível, durante o processo de gestão, adotar destinações específicas a cada tipo de resíduo produzido durante o processo industrial, aumentando, assim, a eficácia do projeto,

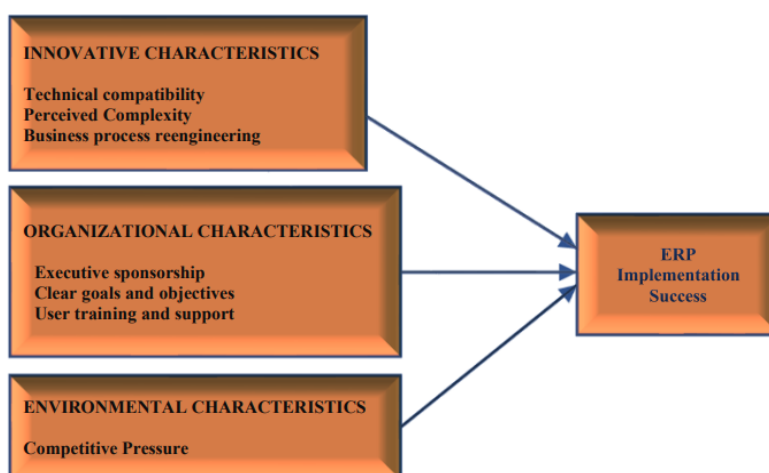
ao definir-se como base para a destinação final a natureza do material a ser descartado ou reaproveitado.

2.2 TECNOLOGIAS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA

Com o avanço das tecnologias da informação, as indústrias têm adotado sistemas integrados de gestão ambiental para otimizar o controle dos resíduos gerados em seus processos produtivos. Esses sistemas permitem que a empresa monitore continuamente os dados relacionados à geração de resíduos, oferecendo ferramentas poderosas para a análise de desempenho e tomada de decisões corretivas. Segundo Cunha et al. (2023), sistemas integrados de gestão ambiental permitem monitoramento contínuo dos resíduos industriais, proporcionando uma melhor análise de desempenho e otimização de processos produtivos.

Além da IoT, sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) modernos desempenham um papel essencial na rastreabilidade dos resíduos industriais. A modernização desses sistemas, como demonstrado por Rawat (2023) no caso do PeopleSoft, amplia suas capacidades para integrar dados ambientais em tempo real, permitindo que cada etapa do processo produtivo seja monitorada de forma mais eficiente. Essa evolução facilita a identificação de pontos críticos de desperdício e possibilita a implementação de estratégias corretivas baseadas em análises preditivas, alinhando a gestão de resíduos às iniciativas de transformação digital das indústrias.

Figura 2. Modelo ERP.



Fonte: Rawat (2023).

A incorporação de tecnologias avançadas, como inteligência artificial e automação, reforça ainda mais a eficiência da gestão de resíduos ao possibilitar análises preditivas e um controle mais preciso sobre os materiais descartados. Conforme discutido por Rawat (2023), a modernização de sistemas ERP não apenas melhora a rastreabilidade e o gerenciamento de dados, mas também promove a sustentabilidade e a eficiência operacional, tornando a digitalização um fator essencial para a gestão ambiental estratégica nas indústrias.

2.2.1 Aplicativos e soluções *Low-Code* para a Indústria

A partir da aplicação dessas tecnologias para gestão, como o ERP, as soluções *Low-code* têm ganhado destaque como ferramentas inovadoras para a criação de aplicativos customizados de maneira rápida e eficiente, sem a necessidade de programação avançada. Programar em plataformas *Low-code* pode ser comparado a jogar um jogo, mas essa comparação não captura toda a sua essência. Essas plataformas devem ser encaradas como ferramentas poderosas que promovem aprendizado, empoderamento e capacitação das gerações. Elas não apenas permitem que os usuários utilizem dispositivos digitais, mas também os ensinam a utilizá-los de maneira criativa, a compartilhar conhecimento e boas práticas, e, fundamentalmente, a gerar impactos positivos na sociedade em que vivem (Corral et al., 2021).

Os aplicativos *Low-code* podem ser desenvolvidos para atender às necessidades específicas de cada empresa, incluindo a gestão eficiente de resíduos industriais. Com a modernização dos sistemas ERP, essas plataformas podem ser integradas de forma ágil aos processos empresariais, permitindo a coleta e análise de dados ambientais em tempo real, além disso, a conectividade com dispositivos móveis possibilita o monitoramento remoto dos resíduos, aprimorando a rastreabilidade e facilitando a tomada de decisões estratégicas. A digitalização desses processos fortalece a gestão sustentável, alinhando a eficiência operacional à transformação digital das organizações (Rawat, 2023).

2.3 GESTÃO VISUAL E FERRAMENTAS DE CONTROLE

A gestão visual é uma técnica amplamente utilizada em ambientes industriais para facilitar a comunicação e o controle dos processos produtivos. De acordo com

Herzer et al. (2017), a gestão visual promove a eficiência operacional, facilitando o cumprimento das metas de sustentabilidade ao permitir o monitoramento em tempo real dos resíduos gerados. Ela envolve o uso de recursos visuais, como indicadores, gráficos e sinalizações, para garantir que todos os colaboradores compreendam rapidamente o status de determinado processo e possam tomar ações corretivas quando necessário.

2.4 FERRAMENTA FCA E OUTRAS FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO

A ferramenta FCA (Fato, Causa e Ação) é amplamente utilizada em ambientes industriais para a identificação e resolução de problemas. Nascimento (2024) traz que a ferramenta FCA mostra-se plenamente funcional, sendo tão eficaz quanto as ferramentas tradicionais proporcionando uma redução de aproximadamente 50% nas etapas e processos de desenvolvimento, graças à sua abordagem mais objetiva e direta.

No contexto da gestão de resíduos, a FCA pode ser aplicada para identificar problemas relacionados ao excesso de geração de resíduos, falhas nos processos de segregação ou manuseio inadequado de resíduos perigosos.

As ferramentas de análise de causa são fundamentais para a gestão eficaz de processos produtivos, especialmente na identificação e resolução de problemas relacionados à gestão de resíduos em indústrias. Essas ferramentas permitem entender os fatores que originam falhas ou ineficiências em processos, possibilitando a implementação de ações corretivas e preventivas para minimizar os impactos negativos, como o aumento da geração de resíduos ou a contaminação ambiental.

Dentre as ferramentas mais utilizadas na análise de causa estão o 5W2H e a técnica dos cinco porquês. Ambas são amplamente aplicadas em diversas indústrias, incluindo setores de manufatura, logística e gestão de resíduos, oferecendo uma abordagem estruturada para a investigação de problemas. Vamos explorá-las em mais detalhes:

- 5 Porquês - Embora seja uma técnica simples, é bastante eficaz, consistindo em questionar o motivo de um problema ocorrer e, em seguida, usar a resposta obtida para formular uma nova pergunta. Esse processo é repetido até que se identifique a causa raiz do problema, evitando decisões

precipitadas que poderiam não corrigir a questão de forma adequada (Piechnicki,2014)

- 5W2H - A ferramenta se baseia nas 7 perguntas presentes na Figura 3 e segundo Polacinski et al. (2012), a elaboração de um plano de ação envolve definir tarefas previamente estabelecidas, respondendo simultaneamente a sete perguntas essenciais para garantir que tudo esteja claramente delineado.

Figura 3. Definição do 5H2H.

5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por que?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada essa ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custará para executar a ação?

Fonte: Prado et al.(2021).

A partir disso, percebe-se a importância da utilização de ferramentas de gestão e análise de causa para a definição e desenvolvimento de soluções para os problemas enfrentados em diversos campos de trabalho atualmente, dentre eles o setor industrial.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de pesquisa exploratória, com foco em desenvolver e implementar um artefato de tecnologia para a gestão da emissão e destinação de resíduos por indústrias. Além disso, o projeto segue o método hipotético-dedutivo, formulando-se hipóteses a partir da identificação de um problema. Por fim, adota-se, na presente pesquisa, a abordagem qualitativa e quantitativa com caráter aplicado, visto que o trabalho tem como objetivo geral desenvolver e implementar um artefato tecnológico para melhorar a gestão do reaproveitamento de resíduos.

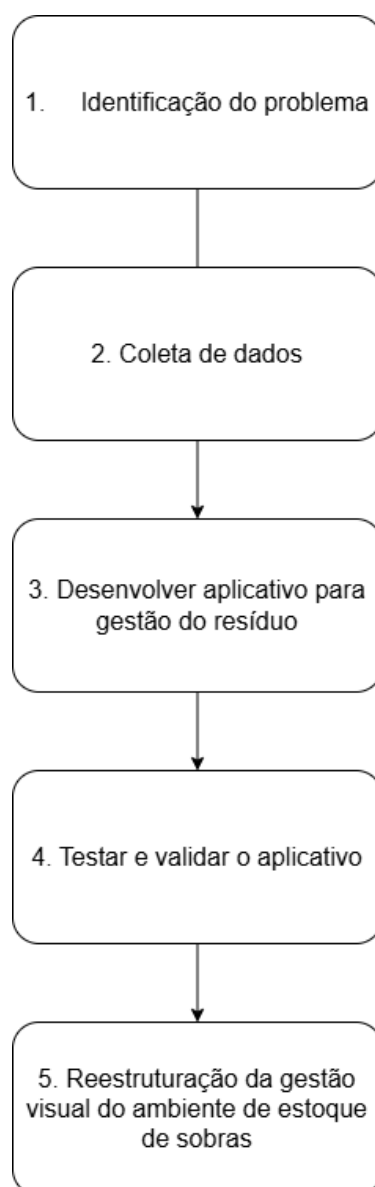
Para isso, como procedimentos metodológicos serão usados a pesquisa bibliográfica que para Sousa et al. (2021) trata-se de um procedimento de pesquisa destinado a resolver, responder ou explorar mais profundamente uma questão relacionada ao estudo de um fenômeno.

A partir disso, utiliza-se um processo de inferência dedutiva para testar previsões relacionadas aos fenômenos que a hipótese abrange (Prodanov e Freitas, 2013), associado a um estudo de caso, o qual mostra-se relevante por reunir uma grande quantidade de informações detalhadas, permitindo uma compreensão mais ampla de uma situação. Nesse sentido, será realizado o mapeamento do processo produtivo e análise do problema relacionado à geração de resíduos, enquanto a pesquisa quantitativa será realizada para comparação de resultados obtidos e situação inicial, a partir de indicadores de desempenho.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desse projeto será seguido o passo a passo apresentado no fluxograma da Figura 4.

Figura 4. Fluxograma de ações do projeto.



Fonte: o autor (2025).

3.2.1 Identificação do problema

Na etapa 1, foi aplicada a metodologia FCA, que possibilitou melhor compreensão e definição do problema a ser estudado, em uma indústria calçadista específica, além de viabilizar a determinação das principais causas da falta de gestão de resíduos na indústria analisada, evidenciando possíveis ações a serem adotadas visando à minimização dos impactos gerados pelo problema.

A partir da identificação da causa raiz, partiu-se para a segunda etapa do FCA, momento em que foi realizado o estudo de rastreabilidade do material

analisado, para entender a causa da existência desse resíduo. Esta fase foi desenvolvida através da observação direta intensiva, ferramenta de estudo que utiliza a visualização do problema e realização de entrevistas com membros do processo produtivo como meio de melhor definir as causas que dão origem ao excesso de produção residual.

3.2.2 Coleta de dados

A coleta de dados é uma etapa fundamental do método de pesquisa, pois permite a obtenção de informações sobre a realidade investigada. Segundo Prodanov e Freitas (2013), esse processo exige a definição prévia de onde e como os dados serão coletados. Na presente pesquisa, a coleta de dados foi realizada por meio de observação direta, entrevistas com funcionários e análise documental, permitindo compreender o fluxo de materiais e identificar as falhas na gestão de resíduos.

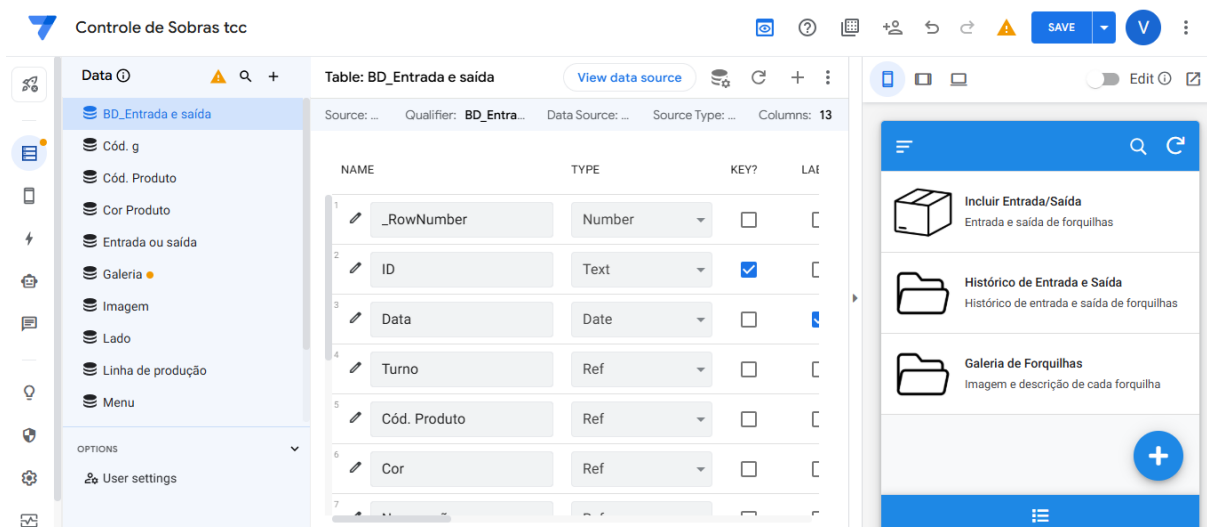
Dessa forma, foi definido que deveriam ser coletadas as seguintes informações sobre o material estudado.

- Data de registro dos dados;
- Turno de registro dos dados;
- Cor do material;
- Numeração do material;
- Lado registrado no material;
- Presença de acessórios no material;
- Quantidade a ser registrada;
- Opção de entrada ou saída de material.

3.2.3 Desenvolvimento de aplicativo de gestão de resíduos

Na etapa 3, foi desenvolvido um aplicativo voltado à gestão de resíduos, que permite a visualização constante de informações sobre sobras geradas durante a produção de calçados. Este aplicativo foi desenvolvido a partir da plataforma de desenvolvimento do Google, “*AppSheet*”. Esta plataforma é uma ferramenta *Low-Code*, que utiliza de conhecimentos básicos em programação na linguagem C para desenvolvimento de aplicativos. Na Figura 5, é possível visualizar a interface da plataforma utilizada para elaboração do aplicativo.

Figura 5. Interface do AppSheet.



Fonte: o autor (2025).

Para o desenvolvimento do aplicativo foi necessário entender quais informações seriam necessárias a serem mapeadas para que o material pudesse posteriormente ser reintegrado ao processo de maneira assertiva.

Além dos dados registrados acima, a partir da seleção da cor do material, o aplicativo retorna automaticamente o código do produto, informação também necessária para a reintegração do material ao processo. Esta ação de automatizar a entrada do código do produto foi realizada a partir de uma programação simples, relacionando cada código com sua respectiva cor, mas que facilitou a atividade, já que o código do produto é uma informação mais específica e não é de conhecimento geral de todos os operadores da fábrica em que foi realizado o experimento.

Outra informação que foi incluída após as primeiras aplicações do aplicativo foi a inclusão da foto de cada material ao selecionar a cor do mesmo, dessa forma, qualquer operador está apto a realizar o cadastro do material mesmo não conhecendo todos os materiais do processo. Esta ação visa amplificar ainda mais a viabilidade de uso do aplicativo por todas as pessoas, fazendo com que o reaproveitamento do resíduo não fique limitado a determinados setores produtivos.

3.2.4 Testar e validar o aplicativo

Na etapa 4 foram realizados testes com uma pequena amostra do material coletado no processo, para que o aplicativo fosse validado e algumas melhorias e especificações pudessem ser implementadas ao seu funcionamento. Com o

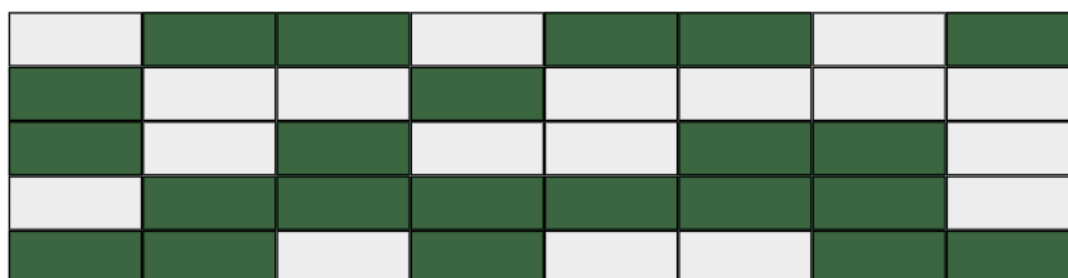
desenvolvimento do aplicativo, deu-se início aos testes e validação do mesmo, a partir da disponibilização e treinamento dos operadores para a utilização, entendendo assim os pontos de melhorias e *feedbacks* trazidos pela operação. Diante disso, algumas adaptações foram realizadas, além da adição de algumas funções, como a foto do material selecionado.

Este estudo foi conduzido de maneira bastante prática, a partir de diversas visitas ao setor, para a realização da contagem do material, onde o autor deste trabalho junto à operação da fábrica conduziram todo o processo, alcançando o modelo ideal do aplicativo, bem como o registro de todos os itens presentes no local das sobras.

3.2.5 Reestruturação da gestão visual do ambiente de estoque de sobras

A partir da análise do local onde o material ficava armazenado até o seu descarte, percebeu-se que dificultava bastante a visualização do que se tinha em processo, a Figura 10 demonstra ilustrativamente como era estocado esse material.

Figura 10. Vista frontal do estoque de sobras antes.



Fonte: o autor (2025).

Além disso, a falta de gestão visual no ambiente físico do estoque de sobras, acarretava na falta de gestão pelo setor de programação e controle de produção da fábrica objeto de estudo, não obtendo uma visualização em tempo real do material presente neste ambiente..

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo foco deste trabalho foi realizado em uma indústria do ramo de calçados, onde foi identificado uma grande quantidade de sobras de um determinado componente presente em um modelo específico de sandálias, gerando uma quantidade significativa de resíduo a partir do descarte deste material.

Diante da observação inicial e coleta de dados a partir do problema, foi possível o desenvolvimento de uma solução para auxiliar a gestão e reintegração dessas sobras ao processo produtivo.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

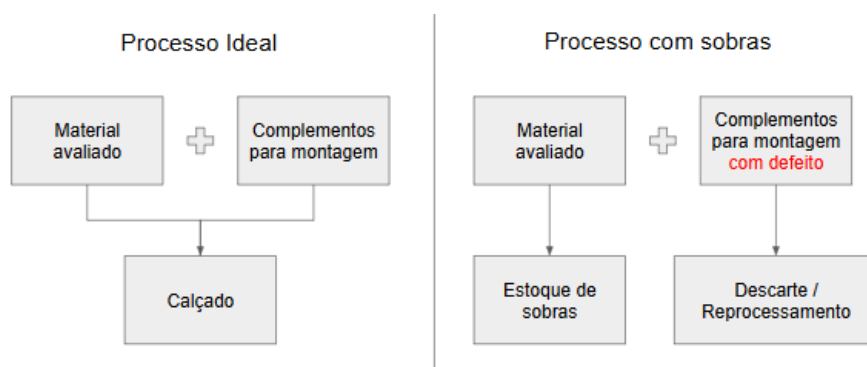
Para a imersão no problema e análise mais aprofundada, foi utilizada a ferramenta FCA, a qual parte da análise conjunta do fato, ou problema observado, da causa que gerou ou influenciou a questão a ser resolvida, e ações possíveis a serem aplicadas no processo de mitigação ou eliminação do objeto.

Na etapa de estudo do fato, foi identificado um grande número de sobras de PVC, material presente na estrutura de calçados, além da falta de gestão desse elemento, resultando em um acúmulo do material, que não era reintegrado ao processo, fazendo com que grandes áreas fossem ocupadas até que o PVC fosse triturado e descartado, métodos que geravam altas quantidades de resíduos do elemento descartado.

Assim, identificou-se que estava sendo produzido, na indústria, um elevado nível de material residual, ao observar-se registros de descarte ao final do ciclo produtivo, fato que instigou a necessidade de reformulação da forma de tratamento dos resíduos de PVC, oriundos da produção industrial calçadista.

Partindo das análises realizadas durante a execução do FCA, com a avaliação do processo e coleta de percepções da equipe do setor afetado, percebeu-se que a origem da sobra desse material se dá por problemas em outros componentes do calçado, em uma das etapas da produção, não permitindo a montagem do produto final, o que gera a sobra apenas desse material, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6. Avaliação de origem da sobra.



Fonte: o autor (2025).

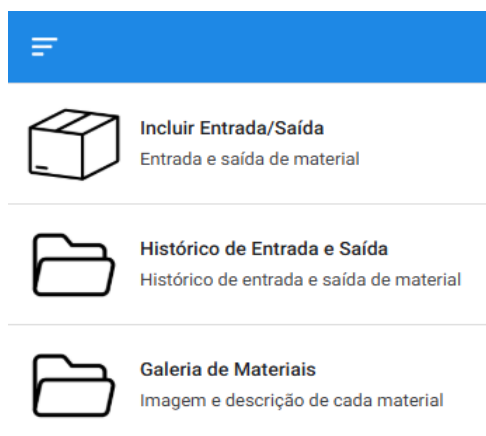
Entretanto, partindo da mesma avaliação, notou-se que o material pode retornar ao processo e ser utilizado normalmente caso haja os complementos para montagem. Porém, esse caso ocorria raramente, por conta da falta de gestão visual e gestão de informação sobre essa sobra.

4.3 APLICATIVO DESENVOLVIDO

A partir da identificação do problema e análise de dados foi desenvolvido o aplicativo para gestão dos resíduos tratados.

Primeiramente foi desenvolvido o menu inicial, onde a partir dele podem ser selecionadas três páginas, uma delas para o registro de entrada ou saída de material, outra para acompanhamento dos itens registrados e por último, uma página de galeria de materiais para acessar imagens e dados de cada item. A página de menu inicial pode ser observada na Figura 7.

Figura 7. Menu inicial do aplicativo.



Fonte: o autor (2025).

Na figura 8 pode-se observar a página para registro de inclusão ou retirada de material no estoque de sobras, nela, é possível notar todos os critérios a serem selecionados para que os dados sobre cada item sejam segmentados da melhor forma. Para o item de data, foi realizada uma programação para que seja mostrada a data presente.

Os demais itens são caixas de seleção, em que o usuário escolhe apenas uma opção. O campo de quantidade é uma caixa de texto, onde pode ser inserido a quantidade total de itens a serem registrados, quando selecionada, o teclado digital surge automaticamente. Por fim, o campo de código do produto e a imagem do produto são mostradas automaticamente a partir da seleção de cor, para isso, foi necessário uma programação *low-code* possibilitando essa relação entre os itens.

Figura 8. Interface do aplicativo desenvolvido.

Data*

Turno*

Cor*

Numeração*

Lado*

Pin*

Quantidade*

Entrada ou saída? *

Cód. Produto*

Fonte: o autor (2025).

Além da página principal, duas outras foram desenvolvidas, uma delas para o acompanhamento de todas as entradas e saídas dos materiais, como pode ser visto na Figura 9, e outra para demonstração de todos os materiais, com suas respectivas informações para consultas.

Figura 9. Página para acompanhamento de registros no aplicativo.

Data	Turno	Cód. Produto	Cor	Numeração	Quantidade	Entrada ou saída?	Lado	Pin
22/3/2025	1	0	COR 1	278	435	Entrada de sobra	Direito	Sem Acessório >
22/3/2025	2	0	COR 2	378	223	Entrada de sobra	Direito	Sem Acessório >
22/3/2025	3	0	COR 4	256	325	Saída do estoque	Esquerdo	Com Acessório >
22/3/2025	2	0	COR 3	390	547	Saída do estoque	Direito	Com Acessório >

Fonte: o autor (2025).

Para esta implementação foi necessária a realização de treinamentos e capacitações com os operadores responsáveis pelo processo de segregação e gestão de sobras.

4.4 GESTÃO VISUAL DO ESTOQUE DE SOBRAS

Após a avaliação do espaço disponível para segregação das sobras estudadas, foi desenvolvido uma organização com corredores de acordo com a numeração de cada material, além da separação dos materiais de lado direito e esquerdo em caixas de cores diferentes. Além disso, uma amostra de cada material foi disposta na lateral da caixa para facilitar ainda mais a identificação do mesmo.

Figura 11. Vista superior do modelo de gestão visual implementado no processo.



Fonte: o autor (2025).

A partir da melhoria implementada, foi possível identificar com mais facilidade os materiais presentes no estoque de sobras, gerando uma economia de tempo ao se procurar determinados materiais para reintegração ao processo, além de uma espaço mais organizado e visualmente agradável.

4.5 SEGMENTAÇÃO DE DADOS E REINTEGRAÇÃO DO MATERIAL

Diante do registro dos materiais no aplicativo, foi desenvolvido um painel em Excel, com informações atualizadas em tempo real sobre o estoque das sobras estudadas. O desenvolvimento desta ferramenta foi possível a partir da interligação do banco de dados do aplicativo à uma planilha externa, que, com algumas manipulações e fórmulas realiza o cálculo entre entradas e saídas de cada material registrado e demonstra o resultado final nesse painel.

Figura 12. Painel interativo de dados.

CÓD. DO PRODUTO	COR	TAMANHOS COM ACESSÓRIO																TAMANHOS SEM ACESSÓRIO																							
		DIREITO								ESQUERDO								DIREITO								ESQUERDO															
		23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
587368	COR 1	215	2	65	325	25	65	87	9	65	484	4	55	14	4	841	51	59	5	46	465	15	151	54	84	4	51	51	51	351	651	61	51	52	62	68	4	4	62	6	88
573657	COR 2	157	25	2	21	1	235	3	23	32	5	98	561	11	5	165	1	16	5	1	215	4	465	56	1	81	561	51	5	151	51	1	1	641	61	1	561	5	15	65	15
756374	COR 3	65	65	3	156	0	8	32	5	15	135	135	46	13	446	43	8	212	15	4	91	2	5	48	74	10	32	15	4	5	3	21	651	32	69	5	1	0	587	0	50
347567	COR 4	54	6	5	87	149	5	26	2	2	3	2	584	68	65	5	32	65	1	95	6	365	5	54	51	531	321	51	31	51	531	651	21	15	58	15	15	56	151	67	356

Fonte: o autor (2025).

Além do resultado demonstrado em tempo real, foi utilizada a ferramenta de mapa de calor para melhor visualização dos dados, dessa forma, os materiais com maiores níveis de sobra aparecem em vermelho como uma forma de alerta para reintegração ao processo. Esta atividade de programação do material é realizada por outro setor da fábrica, que recebe apenas essa informação final no painel demonstrado de forma intuitiva e inclui na programação semanal a utilização dessa sobra que se converteria em resíduo.

4.6 MELHORIAS IDENTIFICADAS

Durante a etapa de registro no aplicativo, todo o material foi contabilizado a partir de uma balança contadora, gerando resultados confiáveis para a reintegração das sobras ao processo. Ainda durante esta etapa, foi colocado em prática a gestão visual da área como visto na seção anterior, onde cada material contabilizado era direcionado no local definido.

Ao fim da coleta de dados e registros dos materiais foram identificados 38.241 unidades do material analisado no espaço de sobras, destes, foi realizada a seguinte divisão de acordo com a condição de utilização do material, como mostra a Tabela 1.

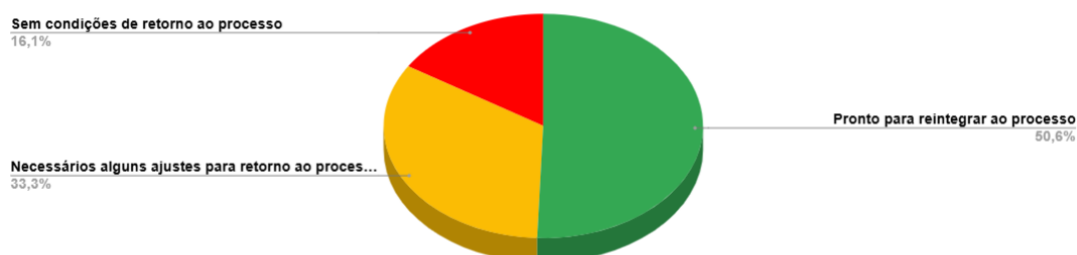
Tabela 1. Condição do material coletado.

Condição do Material	Quantidade
Pronto para reintegrar ao processo	19.356
Necessários alguns ajustes para retorno ao processo	12.742
Sem condições de retorno ao processo	6.143
Total	38.241

Fonte: o autor (2025).

Realizando o estudo do quanto de material com potencial de reaproveitamento estava seguindo para o descarte, percebeu-se que 83,9% das sobras poderiam ser reutilizadas no processo, representando uma fatia significativa de retorno deste resíduo, gerando economia para a empresa e diminuindo drasticamente os impactos gerados pelo descarte desse material.

Figura 13. Porcentagem das condições do material



Fonte: o autor (2025).

Analisando o Figura 13 pode-se concluir que a gestão do material de forma eficiente mostrou o potencial de ganho com o reaproveitamento de resíduos em uma área específica da indústria, podendo ser replicado e adaptado para outros setores e gerar um impacto ainda mais significativo.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que a falta de um controle adequado sobre os resíduos pode gerar impactos ambientais significativos, além de perdas econômicas para a indústria. Como forma de solução desse problema, evidenciou-se a importância da implementação de um aplicativo voltado a monitorar a produção e reintegração de resíduos na indústria.

O referido aplicativo, aliado a outras ferramentas gestão visual, tais como reorganização dos materiais utilizados no ciclo produtivo e registro de estoque, mostrou-se eficaz na organização e reaproveitamento dos materiais, possibilitando a reintegração de um grande volume de sobras ao processo produtivo, de forma a reduzir a emissão de resíduos industriais, bem como de otimizar processos produtivos e gerar economia para a empresa.

Nesse sentido, a metodologia aplicada, baseada no uso da ferramenta FCA para identificação de problemas e na implementação de soluções tecnológicas, permitiu um controle mais efetivo dos materiais e possibilitou uma análise quantitativa dos benefícios da nova abordagem.

A solução tecnológica permitiu o registro, monitoramento e rastreabilidade dos resíduos em tempo real, com integração a uma base de dados acessível. Com a adoção do aplicativo e reorganização do ambiente físico, foi possível contabilizar 38.241 unidades do componente residual estudado, dos quais 83,9% apresentavam potencial de reaproveitamento - sendo 19.356 prontos para reintegração imediata e 12.742 com pequenos ajustes necessários. Apenas 6.143 unidades foram classificadas como não viáveis para retorno ao processo.

Esses dados evidenciam um potencial expressivo de economia de matéria-prima, redução de desperdícios e diminuição do volume de resíduos enviados para descarte ou incineração. A aplicação do painel interativo com mapa de calor, que destacava visualmente os materiais com maior acúmulo, também se mostrou uma ferramenta de apoio eficaz à tomada de decisão para reintegração ao processo produtivo. A gestão visual aplicada no estoque de sobras proporcionou melhoria no tempo de localização de materiais e organização do espaço.

Ademais, o presente trabalho apresenta contribuições relevantes em três principais aspectos: teórico, prático e ambiental. No campo teórico, amplia a

literatura sobre gestão de resíduos na indústria calçadista ao propor uma abordagem baseada no uso de tecnologia, possibilitando a adaptação do modelo proposto para outros segmentos industriais, contribuindo, assim, para a evolução das práticas de sustentabilidade no setor.

No aspecto prático, a implementação do aplicativo e das ferramentas de gestão visual demonstrou ser eficaz na redução do desperdício de materiais e na otimização da produção, possibilitando melhorias na gestão interna industrial.

Já na esfera ambiental, a redução do volume de resíduos descartados auxilia no direcionamento da indústria calçadista a um formato mais sustentável, focado no reaproveitamento de materiais e redução da necessidade de novos insumos.

Por outro lado, deve-se considerar que este estudo ainda apresenta algumas limitações, sobretudo devido à restrição do âmbito de realização da pesquisa, a qual baseou-se em uma única indústria calçadista. Outro ponto limitante reside nas restrições tecnológicas do aplicativo desenvolvido, que foi construído com recursos reduzidos e necessita ser aprimorado para incluir funcionalidades mais avançadas, como integração com sistemas ERP e automação de processos.

Diante do recorte realizado, oportuniza-se a trabalhos futuros a expansão da pesquisa para outras indústrias do setor calçadista ou, ainda, para outros segmentos industriais, avaliando a aplicabilidade do modelo proposto em diferentes cenários. Além disso, seria relevante investigar o impacto da cultura organizacional na adoção de tecnologias voltadas para a gestão de resíduos, uma vez que o engajamento dos colaboradores pode ser um fator determinante para o sucesso dessas iniciativas.

Por fim, possibilita-se a expansão do presente estudo para o desenvolvimento de uma versão aprimorada do aplicativo proposto, incorporando funcionalidades como análise preditiva para otimização do reaproveitamento de materiais. Com essas perspectivas, abre-se caminho para novas pesquisas e aplicações na área de gestão de resíduos industriais, reforçando a importância do uso de soluções tecnológicas para tornar os processos produtivos mais sustentáveis.

Dessa forma, conclui-se que a adoção de tecnologias para monitoramento e controle de resíduos, em conjunto com práticas de gestão visual implementadas no âmbito do processo produtivo e desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada à redução de desperdícios, revela-se estratégia fundamental para indústrias que buscam maior sustentabilidade e eficiência operacional, atuando como

facilitadores para que a indústria calçadista se adeque a exigências ambientais e regulatórias de forma específica e inovadora.

REFERÊNCIAS

- BORNIA, A. C. Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.
- CHAGAS, D. T. et al. Gestão de resíduos produzidos na indústria calçadista e implantação de programas ambientais. 2021.
- CORRAL, L.; FRONZA, I.; PAHL, C. Block-based Programming Enabling Students to Gain and Transfer Knowledge with a No-code Approach. In: SIGITE '21: Proceedings of the 22nd Annual Conference on Information Technology Education, 2021.
- DA COSTA, A. T. et al. Processo de mudança do planejamento gerencial e orçamentário em uma indústria têxtil. 2024.
- DAVENPORT, T. H. Mission critical: realizing the promise of enterprise systems. Boston: Harvard Business School, 2000.
- DE OLIVEIRA, D. R. S. et al. O método hipotético dedutivo no ensino fundamental: uma proposta prática para o ensino de ciências naturais no tema transpiração das plantas. 2018.
- DE OLIVEIRA FERREIRA, S. M.; NOVAES, D. O. Resíduos têxteis: destinação incorreta e impactos ambientais. 2024.
- DIEGO FREIRE MARTINS. Mestrando, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil.
- DO FMEA E FTA, F. C. A. Functional Cause Analysis (FCA): uma adaptação do FMEA e FTA. 2024.
- DO NASCIMENTO SILVA DELANHESE, B. C. et al. Indústria 4.0 e sustentabilidade: análise dos impactos e proposta de diretrizes. 2024.
- DO PRADO, M. B. et al. Determinação e gestão de causas raízes de falhas e proposta de melhoria por meio do 5W2H no setor de atendimento de uma pizzaria em Minas Gerais. Braz. J. of Bus., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 3295-3305, 2021.
- DOS SANTOS, O. F.; DOS SANTOS, M. L. D.; ALVES, C. R. Implantação do sistema de produção enxuta em uma indústria de autopeças utilizando a metodologia lean manufacturing. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10433/2/ImplantacaoProducaoEnxuta.pdf>.
- FORTES, T. et al. Análise das 7 perdas do sistema Toyota de produção identificadas em uma distribuidora de aço. Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_21_TIAGO_SANTOS_LACERDA.pdf.

FRACASSO, C. V. E. Capacidade tecnológica e gestão de resíduos em empresas de calçados do Vale do Sinos: estudo de dois casos. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/sFYwNKmgjzfcVrZ8nhpXWPM/?format=pdf&lang=pt>.

GARCIA, J. L. Programação no-code no ensino superior: possibilidades de avaliação e aprendizagem ativas. [s.l.: s.n.].

GRIFO, EQUIPE. Aplicando 5S na gestão da qualidade total. São Paulo: Pioneira, 1998.

GUIDOLIN, S. M.; DA ROCHA, A. C. R. DA C. E. R. R. P. Indústria calçadista e estratégias de fortalecimento da competitividade. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2477/1/BS%2031_Indústria%20calçadista%20e%20estratégias%20de%20fortalecimento%20da%20competitividade_P.pdf.

GUTERRES, W. J. et al. Conceitos de lean manufacturing e aplicação de um sistema de gestão visual em uma indústria madeireira. Revista Tecnológica, v.6, n.1, p.59, 2017.

INSTITUTO DO PVC (Brasil). Disponível em: <http://www.institutodopvc.org>.

KENSKI, V. M. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. Campinas: Papirus, 2007.

LIMA, J. P. C. et al. Estudos de caso e sua aplicação: proposta de um esquema teórico para pesquisas no campo da contabilidade. 2012.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PIECHNICKI, A. S. Proposta de um método de análise e solução de perdas. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11, 2014. Anais do EGET 2014, Resende, RJ: SEGET, 2014.

POLACINSKI, E. et al. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. Congresso Internacional de Administração – CIAdm2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Universidade FEEVALE, 2013.

RIBEIRO, H. 5S: a base para a qualidade total. Salvador: Casa da Qualidade, 1994.

SACCOL, A. Z. et al. Avaliação do impacto dos sistemas ERP sobre variáveis estratégicas de grandes empresas no Brasil. [s.l.: s.n.].

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

SHINGO, S. Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996b.

SOARES, E.; ARAÚJO, G. Gestão de resíduos sólidos no processo produtivo: um

estudo de caso em uma indústria calçadista. Revista da Universidade do Vale do Rio Verde, v. 14, p. 171-181, Três Corações, 2016.

TANAN, 2020. Disponível em:
<https://saberaberto.uneb.br/server/api/core/bitstreams/a3e7583f-b3f9-4f11-8a25-cd6bbe30d8e6/content>.

TAYANNE GRACIETTE NASCIMENTO SILVA; GIL RODRIGUES DOS SANTOS. 2016.

UNIDO. Wastes generated in the leather footwear industry. In: 14th Session of the Leather and Leather Products Industry Panel, Czech Republic, 2000.

WACHHOLZ, L. A. et al. Estudo sobre a implantação de medidas de produção mais limpa em uma empresa de calçados. 2020.

WOMACK, J. P. et al. A máquina que mudou o mundo. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.