

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Minas Gerais
Campus Bambuí

**MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

ANA PAULA DE MENDONÇA

**RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS DE NOVA
SERRANA-MG: ANÁLISE GRAVIMÉTRICA, FINANCEIRA E A VALORIZAÇÃO
ENERGÉTICA**

BambuÍ-MG

2023

ANA PAULA DE MENDONÇA

**RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS DE NOVA
SERRANA-MG: ANÁLISE GRAVIMÉTRICA, FINANCEIRA E A VALORIZAÇÃO
ENERGÉTICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto estruturante: Gestão de Águas, Efluentes e Resíduos sólidos.

Bambuí-MG

2023

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

M539r Mendonça, Ana Paula de.
Resíduos sólidos gerados nas indústrias calçadistas de Nova Serrana-
MG: análise gravimétrica, financeira e a valorização energética. / Ana
Paula de Mendonça. – Bambuí, 2023.
117 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado
Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Resíduos sólidos. 2. Indústria calçadista. 3. Poder calorífico. I.
Lemos, Carlos Fernando. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 363.728

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

05/06/2023, 17:41

SEI/IFMG - 1568380 - Parecer



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Barão - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 8

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS DE NOVA SERRANA-MG: ANÁLISE GRAVIMÉTRICA, FINANCEIRA E A VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Ana Paula de Mendonça**, sob a orientação do prof. Dr. Carlos Fernando Lemos, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 29/05/2023, com a média de **80,0 pontos**.

Bambuí (MG), 29 de maio de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Henrique Martins Pereira, Usuário Externo**, em 30/05/2023, às 15:36, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA DE MENDONÇA, Usuário Externo**, em 31/05/2023, às 08:02, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Fernando Lemos, Usuário Externo**, em 01/06/2023, às 08:34, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Sousa Cavalcanti, Professor**, em 05/06/2023, às 14:55, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1568380** e o código CRC **115090E6**.

AGRADECIMENTOS

Esses anos de mestrado foram de muito estudo, dedicação e empenho, e gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para concluir.

Agradecer aquelas pessoas que caminharam comigo e que foram fundamentais para a realização de mais este sonho.

A minha mãe, Rosa, por me ensinar a nunca desistir; a minha filha, Ana Júlia, por ser minha inspiração para prosseguir em todos os momentos; e ao meu marido, Geraldo Leles, por me incentivar sempre a buscar meus sonhos e pelo apoio incondicional.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador professor Dr. Carlos Fernando Lemos pelos ensinamentos, incentivo e pela dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto de pesquisa.

Também quero agradecer à toda equipe do IFMG-BambuÍ, aos professores do curso e especialmente ao Supervisor do Núcleo de Controle e Registro Acadêmico de Pós-graduação, Ronaldo dos Reis Barbosa, pela elevada qualidade do seu atendimento em todos os momentos que precisei.

Aos meus colegas de trabalho por me assessorarem sempre que foi necessário, por entenderem todas as vezes que faltei em presença e ajuda.

Por fim, o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

RESUMO

Dentre os principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos estão o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais, redução do volume e da periculosidade dos resíduos, o incentivo à indústria da reciclagem, a gestão integrada de resíduos sólidos e o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético. Esta pesquisa visa conhecer a composição gravimétrica e poder calorífico de resíduos calçadistas, apresentar novos métodos para destinação, e por meio de testes de valoração energética revelar o potencial desses resíduos para utilização como combustível, em fábricas de cimento. Os resíduos sólidos calçadistas gerados nas fábricas são recolhidos por empresas prestadoras de serviços, as quais são encarregadas da coleta, transporte, e gerenciamento destes. A RECINOVA – EIRELI M/E é uma das empresas de coleta de resíduos industriais em Nova Serrana - MG, e que forneceu os dados para realização desta pesquisa. Atualmente as fábricas calçadistas terceirizam a destinação do resíduo sólido produzido, pois estão sendo obrigadas a licenciar e destinar corretamente estes resíduos, que antes eram colocados nas ruas e recolhido pela prefeitura e por catadores. Além disso foram realizadas a caracterização gravimétrica dos materiais. As atividades industriais têm muitos efeitos positivos nos ganhos econômicos e sociais de um país, mas, por outro lado, também podem ser sinônimo de perdas ambientais consideráveis. Os processos produtivos de alto volume nessa indústria geram resíduos sólidos, como sobras de materiais ou produtos com defeitos. O descarte inadequado desses resíduos prejudica o meio ambiente, geram riscos à saúde e até mesmo comprometem o próprio desenvolvimento da empresa. Essa situação mostra como gerenciar adequadamente esses resíduos é uma questão ambiental premente.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Indústria Calçadista. Poder Calorífico.

ABSTRACT

Among the main objectives of the National Policy on Solid Waste are the encouragement to the adoption of sustainable patterns of production and consumption, the adoption, development, and improvement of clean technologies as a way to minimize environmental impacts, the reduction of the volume and hazardousness of waste, the encouragement to the recycling industry, the integrated management of solid waste, and the encouragement to the development of environmental and business management systems aimed at the improvement of production processes and the reuse of solid waste, including recovery and energy use. This research aims to know the gravimetric composition and calorific power of footwear waste, to present new methods for destination, and by means of energy valuation tests, to reveal the potential of this waste for use as fuel in cement factories. The footwear solid residues generated in the factories are collected by service companies, which are in charge of their collection, transport, and management. RECINOVA - EIRELI M/E is one of the companies that collect industrial residues in Nova Serrana - MG, and that provided the data for this research. Currently, the footwear factories outsource the destination of the solid residue produced, because they are being obliged to license and correctly dispose of this waste, which used to be placed in the streets and collected by the city hall and by scavengers. In addition, the gravimetric characterization of the materials was performed. Industrial activities have many positive effects on the economic and social gains of a country, but, on the other hand, they can also be synonymous with considerable environmental losses. The high-volume production processes in this industry generate solid waste, such as leftover materials or defective products. The improper disposal of this waste harms the environment, generates health risks, and even compromises the company's own development. This situation shows how to effectively manage this waste is a pressing environmental issue.

Keywords: Solid Waste. Footwear Industry. Calorific Power.

LISTA DE SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
ABICALÇADOS - Associação Brasileira das Indústrias de Calçados
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
Al₂CO₃ - óxido de alumínio
C - Carbono
C= Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico
CaCO₃ - carbonato de cálcio
CO₂ - dióxido de carbono
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COVID-19 - Coronavírus 19
ESG - Environmental, social, and corporate governance
EVA - etileno acetato de vinil
FEAM - Órgão Ambiental de Minas Gerais
GSIA - Global Alliance for Sustainable Investment
H - Hidrogênio
H₂O – água
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
m - Massa do ácido benzoico (g)
MG – Minas Gerais
N – Nitrogênio
NBR - Normas Técnicas Nacionais
O - Oxigênio
ONGs – Organizações Não-governamentais
PCS - Poder Calorífico
PNMA - Polícia Nacional do Meio Ambiente
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
PU - Poliuretano
PVC - poli cloreto de vinil
Q1- Soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Q_1 - soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Q_2 - Calor de combustão do ácido benzoico

Q_3 - Calor de combustão da cápsula de aceto butirato

$Q_{ác}$ - Calor de combustão do ácido benzoico = J

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

S - Enxofre

SGA - Sistemas de Gestão Ambiental

SiO_2 - Dióxido de silício

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

ΔT - Variação de temperatura (J)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmentação da produção brasileira de calçados por grandes regiões...	35
Figura 2 - Segmentação da produção brasileira de calçados por unidades da federação.....	36
Figura 3 - Segmentação da produção brasileira de calçados por unidades da federação.....	38
Figura 4 - Produção de calçados no brasil por material predominante em 2021.....	39
Figura 5 - Produção identificada de calçados por gênero em 2021.....	40
Figura 6 - Mapa de Nova Serrana - MG, Minas Gerais.....	41
Figura 7 - A Empresa RECINOVA – EIRELI M/E, Nova Serrana-MG.....	43
Figura 8 - Amostra de Resíduos de Calçados.....	45
Figura 9 - Amostra de resíduos de curvim sintético.....	46
Figura 10 - Amostra de Resíduos de Curvim.....	47
Figura 11 - Amostra de resíduos de apliques cristal de PVC.....	48
Figura 12 - Amostra de Resíduos de sola de PVC.....	49
Figura 13 - Amostra de Resíduos de Tubox.....	50
Figura 14 - Amostra de Resíduos de Plástico.....	50
Figura 15 - Amostra de Resíduos de Camurça.....	51
Figura 16 - Triturador de bancada TBS – 215 x 405 1E, da Bruno Industrial.....	51
Figura 17 - Quarteamento da amostra.....	52
Figura 18 - Moinho de Panelas i-4227 da Contenco.....	53
Figura 19 - Amostra pulverização no moinho de panelas i-4227 da Contenco.....	53
Figura 20 - Calorímetro AC 6000 da LECO, UVE da ESSENCIS S/A.....	54
Figura 21- Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2019.....	57
Figura 22 - Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2020.....	58
Figura 23 - Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2021.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos resíduos da RECINOVA.....	59
Tabela 2 - Composição dos resíduos.....	60
Tabela 3 - Resultados dos testes do laboratório.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 JUSTIFICATIVA DO TEMA.....	16
4 CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO.....	18
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
5.1 Legislação ambiental.....	20
5.2 Fornos de cimenteira.....	23
5.3 Combustíveis utilizados na indústria de cimento.....	25
5.3.1 Carvão mineral.....	25
5.3.2 Carvão vegetal.....	26
5.3.3 Óleo combustível.....	26
5.3.4 Coque de petróleo.....	26
5.4 Coprocessamento de resíduos.....	27
5.5 Resíduos sólidos.....	29
5.6 Parâmetros de qualidade de resíduos para coprocessamento.....	31
5.7 Gestão ambiental dos resíduos de origem da indústria de calçados.....	32
5.8 Panorama da indústria calçadista no Brasil.....	34
5.9 Município de Nova Serrana – MG.....	40
6 METODOLOGIA.....	44
6.1 Caracterização da Pesquisa.....	44
6.2 Caracterização gravimétrica dos materiais.....	44
6.3 Caracterização do valor do poder calorífico.....	45
6.4 Capacidade de calor do sistema calorimétrico (c).....	54
6.5 Soma das energias externas (Σq).....	55
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
8 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	64
ANEXOS.....	70
APÊNDICE.....	91

1 INTRODUÇÃO

Nos processos naturais não existe resíduo já que as “sobras” da natureza são constantemente reaproveitadas por ela mesma, mantendo seu ciclo de vida e energia. Portanto, esta é uma “invenção” do ser humano. Nascemos gerando lixo/resíduo/rejeito ao longo de nossas vidas, somos capazes de deixar no planeta toneladas de resíduos que, mesmo depois da morte do gerador, em muitos casos, continuarão contaminando o solo, a água e/ou o ar em razão do descarte inadequado (BRASILEIRO; MATOS, 2015)

Eigenheer (2003), expõe uma problemática que merece atenção: da mesma forma que há inegáveis indicadores que revelam os avanços da tecnologia que garantem maior expectativa de vida para boa parte da população mundial, são muitas as pessoas que acreditam que os mesmos avanços serão capazes de garantir as reservas de água potável e a qualidade do ar e do solo, mesmo no atual quadro de desenvolvimento.

Esta questão não é assim tão simples como a população pensa. De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2013 da ABRELPE, a comparação entre a quantidade de resíduos sólidos gerada e a coletada em 2013 mostra que diariamente mais de 20.000 toneladas deixaram de ser coletadas no país e, por consequência, tiveram destino impróprio, contrariando a PNRS em diversos artigos, inclusive no Art. 7º, parágrafos I e II que rezam a “proteção da saúde pública e da qualidade ambiental” e “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.”

A destinação final dos resíduos não é apenas uma questão ambiental, mas também social e de saúde pública. Lixões, aterros controlados ou sanitários e indústrias poluentes, em sua maioria, são localizadas em áreas onde residem pessoas de menor nível escolar, financeiro, mobilidade espacial e social, corroborando com a seguinte proposição de Lawrence Summers, economista chefe do Banco Mundial “Cá entre nós, Banco Mundial não deveria incentivar mais a imigração de indústrias poluentes para os países menos desenvolvidos? ” (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2009)

Esta pesquisa visa conhecer a composição gravimétrica e poder calorífico de resíduos calçadistas, apresentar novos métodos para destinação, e por meio de

testes de valoração energética revelar o potencial desses resíduos para utilização como combustível, em fábricas de cimento. Conhecer a composição dos resíduos da indústria calçadista é fundamental para a definição de novos métodos para reciclagem e valorização energética, ou melhoria dos já existentes.

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma: Inicialmente foi feita uma breve retomada sobre a geração de resíduos sólidos. No capítulo 2 encontra-se o referencial teórico no qual são retomados os assuntos que alicerçam a presente dissertação: legislação ambiental, fornos de cimenteira, coprocessamento de resíduos, resíduos sólidos, parâmetros de qualidade de resíduos para coprocessamento, gestão ambiental dos resíduos de origem da indústria de calçados, panorama da indústria calçadista no Brasil e o município de Nova Serrana -MG. O capítulo três traz informações sobre a metodologia desenvolvida no presente trabalho. O capítulo quatro apresenta os resultados e discussão coletados na empresa RECINOVA – EIRELI M/E. Finalmente, o capítulo cinco apresenta as conclusões do trabalho. Após temos a apresentação do produto educacional que é uma cartilha educacional.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Demonstrar a viabilidade de reaproveitamento energético dos resíduos sólidos gerados na indústria calçadista de Nova Serrana - MG como combustível alternativo nos fornos de clínquer, por meio de gravimetria e realização de teste de poder calorífico

2.2 Objetivos Específicos

- I. Identificar e quantificar os resíduos da indústria recebidos pela RECINOVA – EIRELI M/E em de 2019 a 2021;
- II. Analisar gravimetricamente os resíduos gerados;
- III. Realizar teste de Poder Calorífico dos resíduos da indústria calçadista; e Elaborar um manual técnico para fontes de pesquisa com a viabilidade de ~~uso~~ resíduo gerado como combustível alternativo

3. JUSTIFICATIVA DO TEMA

Muitos dos insumos naturais utilizados como matéria-prima pela indústria calçadista são em sua maioria não renováveis, e a escassez de insumos compromete o próprio sistema produtivo. A exploração desregulada também pode causar variações no clima, comprometimento dos recursos naturais essenciais à vida, como a água e o ar, e desmatamento, afetando o habitat natural de muitas espécies (FEITOSA; SOUZA, 2013).

O consumo crescente de matéria prima acarreta uma situação preocupante quanto à exploração dos recursos naturais e descarte dos resíduos, discussão sobre perda da qualidade de vida e disseminação de doenças entre a população. Atualmente, as indústrias calçadistas registram um consumo crescente de matéria prima e, conseqüentemente, um aumento na geração de resíduos sólidos. A produção de resíduos na indústria calçadista tem início no processo de fabricação das placas expandidas, sob a forma de aparas, surgidas após o processo de expansão e, em forma de pó, proveniente do lixamento das placas (FLACH *et al.*, 2017).

Por isso, percebe-se a necessidade de desenvolver pesquisas para formalizar uma base técnica de estudos e métodos de análise de valores energéticos dos resíduos, que sejam capazes de contribuir para uma gestão sustentável eficiente desses resíduos produzidos e também oferecer para Câmaras Legislativas uma alternativa embasada em novas legislações e/ou ajustes das Leis em vigor, pois a quantidade de resíduos sólidos calçadistas gerados desempenha um papel importante na sociedade moderna, sendo necessário novas políticas governamentais e nos setores produtivos do país e do mundo.

Dentre os principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos estão o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais, redução do volume e da periculosidade dos resíduos, o incentivo à indústria da reciclagem, a gestão integrada de resíduos sólidos e o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

Pautando-se nesses objetivos a presente proposta de pesquisa justifica-se,

principalmente, por demonstrar a quantidade gerada e a a intenção de levantar o potencial energético dos resíduos sólidos produzidos pela indústria calçadista de Nova Serrana - MG e demonstrar a viabilidade do seu reaproveitamento.

Assim, essa pesquisa se mostra relevante por apresentar a análise gravimétrica com identificação do valor energético de forma organizada e específica para o setor calçadista. Aliado à causa socioambiental, a pesquisa poderá beneficiar também a indústria calçadista e os destinatários do resíduo, oferecendo um rico conteúdo para embasamento de novas legislações ou ajustes das leis em vigor. Dessa forma, poderão ser facilitadas a condução de estudos econômicos e técnicos e a promoção de novas oportunidades de trabalho e de renda para o setor.

4. CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO

Atualmente, as indústrias calçadistas registram um consumo crescente de matéria-prima e, conseqüentemente, um aumento na geração de resíduos sólidos. Isso acarreta uma situação preocupante, quanto à exploração dos recursos naturais e descarte dos resíduos, discussão sobre perda da qualidade de vida e disseminação de doenças entre a população.

“Os insumos naturais utilizados como matéria-prima são em sua maioria não- renováveis. A escassez desses insumos compromete o próprio sistema produtivo, porém, não é o único ou mais grave dos problemas. A exploração desregulada causa variações no clima; comprometimento de recursos naturais essenciais à vida, como a água e o ar; desmatamento afetando o clima e o habitat natural de muitas espécies, aumentando o risco de extinção consumo” (FEITOSA; SOUZA, 2013, p. 275).

Especificamente, na indústria calçadista, a produção de resíduos tem início no processo de fabricação das placas expandidas, sob a forma de aparas, surgidas após o processo de expansão e, em forma de pó, proveniente do lixamento das placas (FLACH *et al.*, 2017).

Apesar da existência de uma legislação muito específica quanto à gestão dos resíduos sólidos no Brasil, o que se verifica é que ela é negligenciada, devido, em grande parte, a uma fiscalização insuficiente, capaz de garantir a sua prática e também à inexistência de locais adequados para o manejo e o descarte correto desses resíduos. Segundo dados de 2008 divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE):

“Por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, 99,96% dos municípios brasileiros têm serviços de manejo de Resíduos Sólidos, mas 50,75% deles dispõem seus resíduos em vazadouros; 22,54% em aterros controlados; 27,68% em aterros sanitários. Esses mesmos dados apontam que 3,79% dos municípios têm unidade de compostagem de resíduos orgânicos; 11,56% têm unidade de triagem de resíduos recicláveis; e 0,61% têm unidade de tratamento por incineração. A prática desse descarte inadequado provoca sérias e danosas conseqüências à saúde pública e ao meio ambiente e associa-se a triste quadro socioeconômico de um grande número de famílias que, excluídas socialmente, sobrevivem dos "lixões de onde retiram os materiais recicláveis que comercializam” (BRASIL, 2010, p. 154).

Sabe-se que existem muitas políticas e programas dedicados à prevenção e combate às ameaças ambientais, mas têm se revelado pouco eficientes.

“A maioria das Prefeituras Municipais ainda não dispõe de recursos técnicos e financeiros para solucionar os problemas ligados à gestão de resíduos sólidos. Ignoram-se, muitas vezes, possibilidades de estabelecer parcerias com segmentos que deveriam ser envolvidos na gestão e na busca de alternativas para a implementação de soluções. Raramente utiliza-se das possibilidades e vantagens da cooperação com outros entes federados por meio do estabelecimento de consórcios públicos nos moldes previstos pela Lei de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005) e de seus respectivos decretos de regulamentação (Decreto nº 7217/2010 e Decreto nº 6.017/2007). Ainda é frequente observar-se a execução de ações em resíduos sólidos sem prévio e adequado planejamento técnico-econômico, sendo esse quadro agravado pela falta de regulação e controle social no setor “ (BRASIL, 2010, p. 198).

Diante da ineficiência dessas regulações, as ameaças se agravam, dia a dia, sem que haja sinal de melhora. Por isso, percebe-se a necessidade de desenvolver pesquisas para formalizar uma base técnica de estudos e métodos de análise de valores energéticos dos resíduos, que sejam capazes de contribuir para uma gestão sustentável eficiente desses resíduos produzidos e também oferecer para Câmaras Legislativas uma alternativa, embasada em novas legislações e/ou ajustes das Leis em vigor.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Legislação Ambiental

A exploração intensiva dos recursos naturais e o consumo excessivo de produtos naturais tornam o homem vítima de seu próprio modelo de consumismo. Devido ao impacto da produção industrial, resíduos são gerados e a poluição aumenta, o que significa ações para reduzir o impacto ambiental. Uma série de mudanças no micro e macroambiente afeta a gestão das organizações, que precisa estar envolvida no planejamento estratégico corporativo para se adequar às novas tendências globais a fim de atender consumidores que preferem os produtos certos (TACHIZAWA, 2002).

Relatórios e apresentações de ONGs revelam a deterioração dos ecossistemas devido a questões de impacto ambiental, como poluição, aquecimento global, lançamento indiscriminado de resíduos tóxicos que podem comprometer os lençóis freáticos, resíduos industriais, emissões atmosféricas etc. Organizações internacionais. O relatório gerado pela *United Nations Industrial Development Organization* é uma ferramenta educativa que, quando devidamente divulgadas, podem ajudar a inspirar a sociedade civil, iniciativas privadas e forças públicas a refletir e buscar soluções ecológicas em nível global (UNIDO, 2022).

Os resíduos sólidos representam um grande problema socioambiental na atualidade devido a sua destinação inadequada frequente, ato que gera impactos ambientais e oferece riscos importantes à saúde humana. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, resíduo sólido é definido como qualquer material, substância ou objeto, que é descartado resultante de atividades humanas (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

A Lei 12.305/2010 instituiu uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, visando a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares (BRASIL, 2010).

Dentre os principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estão o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais, e o incentivo ao desenvolvimento de

sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético (BRASIL, 2010).

Assim, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos evidencia a necessidade de investigação do potencial de aproveitamento energético dos resíduos sólidos produzidos por setores da economia que apresentam produção crescente de resíduos como resultado do uso crescente de insumos naturais (CHAGAS *et al.*, 2021).

Os resíduos sólidos da indústria calçadista podem ser descartados de outras formas, devolvidos ao processo produtivo ou encaminhados para catadores de materiais recicláveis. Se a coleta, o armazenamento e a destinação final não forem realizados de forma adequada, podem gerar impactos ambientais negativos e oferecer riscos à saúde humana e ao desenvolvimento tecidual (SOARES; ARAÚJO, 2016).

A Lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi promulgada para obrigar não apenas a gestão integrada, mas também a gestão de resíduos sólidos, com o objetivo de incentivar a coleta seletiva e reciclagem em todos os municípios do Brasil (BRASIL, 2010).

O Brasil é o quarto maior produtor de calçados do mundo, sendo que essas indústrias produziram um total de 936 milhões de pares de calçados em 2019 (ABICALÇADOS, 2022). Em 2016, as indústrias de calçados, têxteis, confecções e produtos de tecidos geraram coletivamente mais de 600 toneladas/dia de resíduos industriais no país (BRASIL, 2020). Isso levou Martins, Bastos e Oliveira (2020) a analisar tais indústrias e as respostas a programas voltados à minimização de impactos ambientais.

As disposições da legislação ambiental e os instrumentos legais abordam aspectos ecológicos, econômicos e sociais e afetam a relação de indivíduos, governos e empresas com os ecossistemas. O campo do direito ambiental não possui regulamentação ou legislação única no Brasil. A forma que encontramos em outros ramos (VIEIRA, 2015).

O direito ambiental evoluiu e se aprimorou ao longo dos anos e, atualmente, o ordenamento jurídico brasileiro possui diversas Leis esparsas regulamentando o assunto para alcançar a proteção ambiental, o Direito Ambiental aplica diversos princípios, que estão distribuídos em diversas Leis (CRETELLA NETO, 2012).

Seis deles são considerados os mais importantes e conhecidos: o princípio da precaução, prevenção, poluidor-pagador responsabilidade, equilíbrio e princípios democráticos (TARREGA; PÉREZ, 2007). A Constituição Federal de 1988 é considerada a principal Lei do Brasil. Todas as demais Leis ditas inconstitucionais, mesmo que tenham sido promulgadas em data anterior, devem obedecer a sua premissa básica.

Em seu escopo, a Constituição possui diversos artigos que fazem referência à necessidade de proteção ao meio ambiente. O conteúdo principal está no Capítulo 6 (sobre ordem social), que é dedicado ao meio ambiente. O artigo 225 da Constituição Federal inicia este capítulo e dispõe

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. (BRASIL, 1988).

A Polícia Nacional do Meio Ambiente, conhecida pela sigla "PNMA", foi criada em 1981 sob o número 6.938. Seus objetivos estão previstos em seu art. A segunda é manter, melhorar e restaurar a qualidade do ambiente propício à vida e salvaguardar as condições para o desenvolvimento económico e social, os interesses de segurança nacional e a dignidade da vida humana (PROJURIS, 2019).

Para atingir esses objetivos, a Lei nº 6.938/81 criou diversos princípios e instituições protetoras, como o Sistema Nacional do Meio Ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente. Além disso, são elencadas ferramentas de política ambiental, como licenciamento ambiental, estabelecimento de padrões de qualidade e zoneamento ambiental (VIEIRA, 2015).

O processo de licenciamento ambiental é importante para todos os empreendedores que lideram uma organização que degrada ou prejudica o meio ambiente de alguma forma. Como documento obrigatório, também é responsável, em última instância, por garantir que as empresas não violem as Leis ambientais. Portanto, os pedidos de licenciamento ambiental são feitos por órgãos que têm contato direto com os recursos naturais (VIEIRA, 2011).

Com essa licença, o Estado tem conhecimento de suas atividades e, por sua vez, a empresa tem maior credibilidade no cumprimento de sua responsabilidade de não agredir o meio ambiente. Caso contrário, poderá ser multado ou até mesmo impossibilitado de exercer as atividades previstas na Lei 6.938/81.

5.2 Fornos de Cimenteira

O processo começa com a extração da matéria-prima, que ocorre em depósitos como pedreiras ou minas, onde o calcário, marga ou giz é extraído como fonte de carbonato de cálcio (CaCO_3). Pequenas quantidades de minério de ferro, xisto, bauxita, argila ou areia podem ser usadas como aditivo para fornecer óxido de alumínio (Al_2CO_3) e dióxido de silício (SiO_2) para alterar a composição do farelo bruto para atender às exigências do produto (ABCP, 2019)

As matérias-primas são então trituradas em pó fino para obter uma distribuição de tamanho bastante estreito da alimentação de partículas para aumentar a taxa de reação de calcinação e clinkerização devido a um melhor contato entre as partículas e os gases quentes. Além disso, para reduzir a variabilidade do farelo cru, são usados silos para misturar o material para criar um farelo cru homogêneo. Além disso, os silos oferecem a possibilidade de armazenar o farelo para permitir um fluxo contínuo do farelo mesmo que não tenha havido nenhuma nova matéria-prima extraída recentemente (GUIMARÃES, 2015).

Uma mistura típica de farelo cru contém aproximadamente 75-80 % calcário e 20-25 % argila, bem como quantidades menores de minério de ferro e areia para regular a composição dos materiais necessários para atender a certas especificações do produto. Após os silos, o farelo cru moído é alimentado a uma sequência de ciclones, atuando como trocador de calor, onde o farelo é pré-aquecido com gases de combustão quentes provenientes da combustão a jusante no processo. Dependendo do teor de umidade do material, a quantidade de ciclones pode variar entre diferentes locais e processos com até seis estágios de ciclones (BERTOL, 2015)

Como o farelo cru foi seco e aquecido, inicia-se o processo de calcinação, no qual o farelo atingiu uma temperatura em torno de 800°C . A parte principal da calcinação ocorre no que é chamado de calcinador, onde o carbonato de cálcio é decomposto em óxido de cálcio e dióxido de carbono. Devido ao fato da reação ser endotérmica, o calor é fornecido ao calcinador por combustão, bem como pelos gases de combustão do forno rotativo a jusante, esta é uma etapa intensiva do processo, que consome cerca de 60% da energia total necessária da planta.

Em seguida, a refeição calcinada a quente continua entrando em um forno rotativo, que é um forno rotativo longo que é refratário revestido com um invólucro externo de

aço. No forno, a refeição é aquecida por uma grande chama com o queimador localizado na saída do forno, e outras reações ocorrem no leito da refeição a uma temperatura mais alta do material do leito, de até 1450°C. As principais reações que ocorrem no forno rotativo, chamadas reações de clínquer. Além disso, o forno rotativo gira a uma velocidade constante que ajuda a criar grumos, ou nódulos, de clínquer, além de transportar o produto para o final do forno devido à leve inclinação, que está entre 1° e 3° (ABCP, 2019)

Um forno rotativo é utilizado nesta etapa do processo com vantagem, pois permite um bom contato entre os compostos sólidos reagentes à medida que o leito é continuamente misturado, movendo-se da extremidade superior para a inferior do forno. Após o forno rotativo, o produto, que agora é considerado como cimento, precisa ser rapidamente resfriado, a fim de estabilizar e evitar reações ao contrário, onde o produto desejado aliado (Ca_3SiO_5) poderia se transformar parcialmente em óxido de cálcio e belite (Ca_2SiO_4). Isto ocorre em um resfriador de grelha, onde o ar frio recupera o calor do cimento quente enquanto simultaneamente estabiliza o produto (NEVES; COSTA, 2018)

O ar que resfria o produto passa pelo forno e é ainda utilizado para pré-aquecer a refeição nos ciclones e também é utilizado para fornecer calor na etapa de calcinação. Devido a uma ampla distribuição de tamanho do produto saindo do resfriador, o cimento é moído, em um moinho, após o processo de resfriamento para obter partículas de tamanho mais igual. Durante esta etapa do processo, 3-6 % do peso do gesso, bem como outras substâncias, também é adicionado à mistura do produto para melhorar a resistência e a fixação do produto. Além disso, as cinzas formadas durante a combustão de combustíveis sólidos são adicionadas ao produto final, com base na composição das matérias primas utilizadas. Após esta etapa do processo, o produto é finalizado e pode ser armazenado em silos antes de ser entregue aos clientes (AMIN, 2003).

O forno, no qual ocorrem reações sólidas e complexas do sistema, é um tubo cilíndrico entre 40-100 metros de comprimento. Os materiais que são aquecidos no interior do forno são transferidos ao longo do eixo por uma ligeira inclinação e uma rotação contínua do cilindro. O tubo em si, consiste de uma cobertura externa de aço e uma camada interna de proteção para proteger o tubo contra as altas temperaturas geradas pela chama (COSTA *et al.*, 2013)

Os tijolos são comumente usados para fornecer a proteção e o isolamento necessários para o invólucro de aço do forno. No entanto, o tijolo de cimento eventualmente grudará nos tijolos da parede interna do forno, e com o tempo alguns dos tijolos são arrancados e se tornam parte da mistura do produto. Isto faz com que o processo tenha que ser parado cerca de uma vez por ano para manutenção, para remover o acúmulo de clínquer na parede e para refinar o refratário (FREITAS; NÓBREGA, 2014).

Para fornecer a energia necessária para que as reações do clínquer ocorram, há um queimador localizado na saída do material da cama do forno. É comum que combustíveis sólidos sejam utilizados para o queimador, o qual fornece partículas, que podem ajudar a transferir calor para o leito do forno através de radiação (LEMOS, 2009).

5.3 Combustíveis utilizados na indústria de cimento

5.3.1 Carvão mineral

O carvão é uma rocha orgânica (ao contrário da maioria das outras rochas da crosta terrestre, como argilas e arenito, que são inorgânicas); contém principalmente carbono (C), mas também tem hidrogênio (H), oxigênio (O), enxofre (S) e nitrogênio (N), bem como alguns constituintes inorgânicos (minerais) e água (H₂O). A maior parte do carvão do mundo existe no hemisfério norte. Os Estados Unidos, a Rússia e a China, juntos, possuem mais de 80% dos recursos recuperáveis em última instância (ELIAS, 2018).

Embora seja costume usar a palavra 'carvão' no singular, se reuníssemos uma coleção de espécimes de carvão de todo o mundo, descobriríamos que esta palavra é realmente aplicável a materiais com uma gama bastante ampla de propriedades. Os valores de aquecimento destas amostras variariam de cerca de 5000 a cerca de 15.000 BTU/lb. Em certo sentido, não existe carvão, se usar a palavra para implicar um material único e definido de forma única. Ao contrário, poderia dizer que existem carvões, implicando uma família de substâncias que têm tanto semelhanças quanto diferenças entre elas. Devido a grandes variações na composição e propriedades do carvão, é necessário um sistema de classificação para descrever os diferentes tipos disponíveis para uso em residências e usinas elétricas (ELIAS, 2018).

5.3.2 Carvão vegetal

Um dos combustíveis derivados da biomassa florestal é o carvão vegetal, que é produzido na ausência de ar quando a madeira é submetida a temperaturas que variam de 400 a 700°C. A estas temperaturas existe uma combinação complexa de produtos de pirólise de celulose, hemiceluloses e extrativos e como resultado obtém-se o material poroso com alto teor de carbono. Em relação à madeira, o carvão vegetal tem um maior poder calorífico e não é atacado por agentes biológicos, por isso é considerado um combustível de melhor qualidade. Tal qualidade é avaliada com base no teor de umidade, carbono fixo, porcentagem de cinzas e quantidade de materiais voláteis emitidos durante a combustão (SOTO; NÚÑEZ, 2008).

Uma maneira de caracterizar os carvões é determinar a energia térmica liberada quando o carvão é queimado chamada de análise próxima do carvão. É importante não confundir pelo nome, pois a análise próxima não é aproximada; cada um dos testes é feito sob condições rigorosamente definidas para que qualquer comprador ou vendedor de carvão seja capaz de reproduzir os resultados em seu próprio laboratório. Quatro características são medidas pela análise proximal: umidade, matéria volátil, carbono fixo e cinzas (MOHAN *et al.*, 2008).

5.3.3 Óleo combustível

O óleo combustível é um derivado do petróleo derivado do restante da destilação das frações do petróleo, por meio de um processo de refino. Sua composição complexa depende não só do óleo que o produziu, mas também dos processos e tipos de blends pelos quais passa nas refinarias. Eles são usados na indústria de cimento para aquecer fornos e caldeiras, motores de combustão interna para gerar calor (NEVES; COSTA, 2018).

5.3.4 Coque de petróleo

O coque de petróleo é um subproduto a granel do refino de petróleo. A maioria do coque de petróleo, aproximadamente 75%, é vendido como combustível para geração de energia e produção de cimento, mas o coque de petróleo de maior qualidade é vendido para a indústria de calcinação. É comumente transportada no mar em navios graneleiros. Como na maioria das outras cargas a granel, após a descarga permanecem resíduos nos porões e no convés que devem ser limpos antes que novas cargas possam ser carregadas. (SILVA, 2017)

O processo de limpeza normalmente envolve varredura a seco, lavagem com água a alta pressão, a aplicação de um produto químico de limpeza e uma lavagem final com água a alta pressão. Em teoria, a água de lavagem suja é descartada no mar ou descarregada para tratamento em instalações de recepção em terra. Entretanto, dada a legislação nacional e internacional cada vez mais rigorosa está se tornando cada vez mais importante garantir que seja seguida uma rota de descarte adequada (SILVA, 2017).

5.4 Coprocessamento de resíduos

O setor de energia elétrica brasileiro tem apontado um crescente incentivo ao uso de fontes renováveis e mais eficientes, onde a criação de políticas públicas e incentivos governamentais, que auxiliam ao desenvolvimento sustentável, e assim, o setor de energia assume um papel chave na transição para uma Economia Verde e consciente. Ocorre que desde a Revolução Industrial que a competitividade dos países por inovações, que o desenvolvimento rápido das matrizes energéticas emergiu. Para a busca de uma qualidade de vida populacional, aprimorar e desenvolver novas tecnologias do ramo energético é essencial (ABCP, 2019).

Em termos de geração de energia, o Brasil apresenta uma predominância visível de usinas hidroelétricas (abarcando 68% da produção do país), podendo então ser caracterizado como hidrotérmico. A capacidade instalada em terras nacionais, no presente ano de 2022, é de 122,9 GW, capacidade que acompanha ano após ano o crescimento da economia. Na atualidade, o carvão mineral é a maior fonte de produção de energia elétrica mundial, representando 41%, após o gás natural com 21%, a hidroeletricidade, com 15%, a nuclear, com 14% e finalmente o petróleo e derivados, com 6%. Com isso, a predominância das fontes energéticas não renováveis causa agravos no meio ambiente, como liberação de gases e poluentes, e esses acarretam no efeito estufa (UNIDO, 2022).

Um dos segmentos que mais tem recebido destaque e relevância no que tange à sustentabilidade é a questão energética mundial. A demanda por energia que os hábitos atuais impõem ao sistema de geração é cada vez maior. É evidente que este crescimento não pode ser dissociado de preocupações ambientais, tendo em vista que toda essa energia precisou ser extraída e transformada a partir de recursos naturais. Assim, para acompanhar ritmos de crescimento como esses é essencial que exista uma preocupação com a capacidade de renovação dos

recursos. Nesse sentido, os países devem se preparar com a construção de matrizes energéticas adequadas às necessidades e aos recursos disponíveis que consigam dar conta da demanda que esse encontra cada vez mais alta (NEVES; COSTA,2018).

A investigação sobre fontes de energia renováveis a fim de garantir energia elétrica a todos se torna essencial para suprir o aumento crescente da demanda. As políticas energéticas vêm incentivando cada vez mais o uso de fontes renováveis por conta da necessidade de aumentar a segurança do abastecimento, atender a demanda crescente de energia nos países em desenvolvimento e combater as mudanças climáticas, elucidar questões que envolvem a produção de energia renovável favorece essa produção consciente e reforça o compromisso de produção autossustentável de energia, questão cada vez mais urgente para todo o mundo (GUIMARÃES, 2015).

O Brasil ocupa a 12^a posição com uma produção anual de cimento de 54 Megatons ou 1,3 % da produção global. Normalmente, cerca de 3 a 5 MJ de energia térmica são utilizados para secar, decompor e sinterizar os minerais carbonatados para produzir um kg de clínquer que é então moído em pó de cimento, e misturado com outros componentes. Isto é equivalente a 60-130 kg de carvão/tonelada de clínquer de cimento. Além disso, o consumo de combustível é estimado em 30-40 % dos custos totais de fabricação do cimento (MUT, 2015).

Portanto, o aumento da eficiência energética de uma indústria tão intensiva em energia não só contribui para melhorar sua competitividade econômica no mercado global, mas também reduz a demanda de recursos naturais e melhora a qualidade do meio ambiente. O coprocessamento é um método comprovadamente sustentável e econômico que ajuda a alcançar estes objetivos. É basicamente o uso de resíduos como matéria-prima, ou como um recurso energético, ou ambos para substituir recursos minerais naturais (reciclagem de materiais) e combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás (recuperação de energia) em processos industriais, principalmente em indústrias intensivas em energia. A indústria de cimento recupera uma grande quantidade de resíduos, que substitui os combustíveis fósseis até um nível superior a 80% em algumas fábricas na Europa. Isto permite à indústria de cimento contribuir ainda mais para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o uso de menos recursos naturais (EIPPCB 2013).

No Brasil, o coprocessamento é uma atividade regulada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e está incorporado à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O 9º artigo da PNRS define a hierarquia da gestão de resíduos na seguinte ordem: evitar, reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e dispor final. Os aterros sanitários devem ser o último destino dos resíduos depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação (BRASIL, 2010).

5.5 Classificação dos resíduos sólidos

De acordo com a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) a classificação dos resíduos sólidos é subdividida em relação a sua composição e os impactos à saúde e ao meio ambiente que essas substâncias podem gerar. Apresentados nos seguintes grupos:

- Resíduos de Classe I: perigosos;

Essa classe de resíduo em função das suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Exemplos: Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso, tintas de pinturas industriais, fibra de amianto, óleo lubrificante usado ou contaminado e resíduos à base de chumbo.

- Resíduos de Classe II: não perigosos, subdivididos em dois grupos:
 - Resíduos de Classe II A: não inertes.

Sendo eles biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Exemplo: Madeira, materiais têxteis, papel, papelão e bagaço de cana.

- Resíduos de Classe II B: inertes.

Caracterizados por não serem solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006. Exemplos: Ferro, cobre, manganês, prata e mercúrio.

Os resíduos sólidos sem uma destinação correta representam um problema em muitas cidades brasileiras, e podem causar poluição de ordem ambiental, estética e de saúde pública, visto que eles representam mais da metade dos resíduos sólidos do país (BRASIL, 2005). De forma geral, são considerados resíduos

de baixa periculosidade, sendo o seu principal impacto, o grande volume gerado (KARPINSKI et al., 2009).

A falta de conscientização sobre os impactos que os resíduos causam, os volumes gerados, os custos sociais envolvidos e, inclusive, informações das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que a política para ações corretivas seja escassa em várias cidades do Brasil (PINTO, 1999).

Em uma pesquisa feita anos depois por Neto (2005), os parâmetros aplicados para a caracterização quantitativa dos resíduos gerados nos municípios, consiste nas seguintes metodologias:

- a) Movimentação de cargas das empresas coletoras, obtida pelo somatório do resíduo sólido coletado por empresas e pela administração municipal;
e
- b) Volume rejeitado nos aterros municipais, obtido pelo somatório dos resíduos descartados diariamente em aterros autorizados por empresas de coleta, pela própria prefeitura e por empresas de terraplenagem e outras (NETO, 2005).

É comum a carência de políticas sobre o manejo dos resíduos sólidos nos pequenos municípios, isso se dá pelo fato dos planos diretores terem uma maior preocupação com os resíduos domiciliares, devido a sua maior representação na composição dos resíduos sólidos. Em contrapartida, as cidades de médio e grande porte, possuem um plano mais elaborado para a destinação de resíduos da construção, isso porque a presença dos resíduos sólidos é mais expressiva (SANTOS, 2007).

Atualmente estima-se que existem 310 usinas de reciclagem de resíduos sólidos no Brasil, no entanto os resultados da pesquisa feita pela ABRECON no ano de 2014/2015, contou com a participação de 105 empresas, relacionadas com à reciclagem, que inclui áreas de transbordo e triagem, aterros de inertes e usinas de reciclagem.

De acordo com pesquisas feitas pela ABRECON (2015), no ano de 2009 existiam cerca de 48 usinas no país, sendo metade pública e a previsão do crescimento para usinas móveis seriam satisfatórias (ABRECON, 2015).

Houve um crescimento contínuo das instalações de usinas recicladoras no Brasil, que foi apurado a predominância de 16 usinas instaladas no país, no ano de 2002, com um crescimento máximo de 03 usinas por ano. Após a resolução

CONAMA 307 de 2002, esse número subiu para nove usinas por ano. De 2008 a 2013 essa taxa continuou em avanço, chegando a 10,6 usinas por ano, já em 2013 a 2015 houve uma estagnação do setor (ABRECON, 2015).

É fácil compreender que nos estados brasileiros o crescimento do número de usinas para reciclagem de RCD está ligado ao desenvolvimento das cidades. Vemos que o estado de São Paulo possui a maior concentração de usinas, que pode ser caracterizado pelo elevado volume de resíduos gerados pelas atividades de construção civil. O preço médio cobrado para as usinas recicladoras receberem esse resíduo, está entre R\$ 5,00 a R\$ 30,00 o metro cúbico, mas cerca de 48% das usinas cobram valores inferiores a R\$ 15,00/m³.

Algumas causas da dificuldade na venda dos agregados reciclados, são: elevada carga tributária, falta de conhecimento do mercado, inexistência de legislação que incentive o consumo, baixa qualidade dos resíduos e dificuldade de acesso comercial da empresa (SADIQUL ISLAM, RAHMAN, NAYEM, 2017).

5.6 Parâmetros de qualidade de resíduos para coprocessamento

A Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999, trata de todo o processo de licenciamento de fornos de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos e manutenção da qualidade ambiental. Contém todos os procedimentos e requisitos aplicáveis ao processo de fabricação de cimento para atividades de coprocessamento.

De acordo com o CONAMA 264, o processo de licenciamento de um forno de clínquer para coprocessamento segue as seguintes etapas:

- Estudo de viabilidade da combustão: o relatório deve conter dados da usina que deseja iniciar o processo de coprocessamento, dados técnicos da usina, os dados serão coprocessados de resíduos;
- Plano de teste em branco - deve abordar o relatório durante o teste em branco, descrição do equipamento e contaminação atmosférica, capacidade operacional do equipamento durante o teste, parâmetros operacionais, avaliação de emissões atmosféricas e análise de substâncias elementares e inorgânicas em poeira retida em o equipamento contaminado;
- Relatório de Teste em Branco: deve conter os resultados do teste em branco,

ou seja, os resultados do monitoramento de uma usina operada sem o uso de resíduos a serem coprocessados para posterior comparação com a queima de teste durante o período descrito no branco plano de teste;

- Plano de Teste de Combustão: Deve incluir objetivos do teste, fluxograma do processo de produção, descrição do equipamento do forno, proposta de 10 condições operacionais para teste, descrição do sistema de controle de emissões, descrição da destinação final dos resíduos gerados Neste relatório, análise de clínquer e A descrição do sistema de controle de qualidade, descrição e diagrama esquemático de todos os pontos de medição e coleta, cronograma dos testes de combustão e identidades dos técnicos envolvidos nos testes ;
- Relatório do Teste de Combustão: Relatório dos resultados do monitoramento da operação da planta com os resíduos a serem coprocessados nas mesmas condições descritas no teste em branco. Após o teste de queima, a empresa envia o laudo ao órgão ambiental para autorização de coprocessamento.

Numerosos estudos foram realizados para aprovar resíduos que sejam seguros para uso e compatíveis com o processo de fabricação. Existem diversos resíduos que podem ser coprocessados em fornos industriais, como resíduos de solventes, resíduos oleosos, tintas endurecidas, e por serem derivados do petróleo podem ser utilizados como combustível devido ao seu alto poder calorífico (CONAMA, 1999).

5.7 Gestão ambiental dos resíduos de origem da indústria de calçados

ESG (Ambiental, Social e Governança) corresponde às práticas ambientais, sociais e de governança de uma organização. Este tema está cada vez mais inerente à economia, às organizações e até à gestão de investimentos em todo o mundo. No entanto, a mudança no comportamento do consumidor também estimulou a integração de fatores ESG nos investimentos e atividades das empresas (ABICALÇADOS, 2022).

Em 2020, os investimentos sustentáveis e responsáveis nos principais mercados financeiros globais totalizaram US\$ 35,3 trilhões, representando 36% de todos os ativos geridos profissionalmente nos mercados financeiros dos Estados

Unidos, Canadá, Japão, Ásia e Europa (*Global Alliance for Sustainable Investment - GSIA*). A indústria brasileira de calçados está alinhada com as práticas ESG. Para promover a sustentabilidade na cadeia calçadista, fomos pioneiros na única certificação ESG e de sustentabilidade do mundo para empresas produtoras de calçados e insumos para calçados: Origem Sustentável (ABICALÇADOS, 2022).

No processo produtivo das indústrias calçadistas, têm-se: modelagem; classificação dos componentes do calçado; corte e reduções; preparação e costura; montagem; acabamento; verificação e expedição (SANTOS, 2008)

Na fabricação de calçados são utilizados 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 (WGLFI, 2000).

Ações estratégicas e operacionais são usadas em todos os setores com a implantação dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) a fim de diminuir a degradação do meio ambiente, aumentar a eficiência energética e das etapas de produção, melhorando o desempenho ambiental e beneficiando a imagem da empresa adotante perante a sociedade (CAMPO; MELO, 2008).

Destacamos a seguir algumas informações relevantes acerca da indústria calçadista brasileira, conforme pesquisa realizada pela Abicalçados em 2022:

- 87% das empresas tem um trabalho de destinação ambientalmente adequada dos resíduos de forma completa ou parcial
- 60% das empresas declaram realizar iniciativas de ecodesign em seus produtos
- 48% das empresas consomem energia elétrica 100% oriunda de fontes renováveis, como a partir do Ambiente de Contratação Livre (mercado livre) ou autogeração (fotovoltaica, eólica, etc.)
- 73% das empresas executam o controle das substâncias restritas
- 61% da produção está vinculada a empresas que realizam pesquisa de materialidade e publicam relatórios de sustentabilidade de acordo com padrões internacionais
- 56% da produção está vinculada a empresas que realizam inventário de emissões de gases

As emissões de CO₂ por dólar do PIB são seis vezes menores que as do Vietnã, quatro vezes menores que as da China e duas vezes menores que as da Indonésia. Ainda é metade da média mundial. Em comparação com o maior produtor mundial de calçados, o Brasil tem a maior participação de energia renovável no consumo de energia. 47,1% do consumo de eletricidade do Brasil vem de fontes renováveis (eólica, hídrica, solar etc.). Na China, a taxa de utilização de energia renovável é de apenas 13,1% (BANCO MUNDIAL, 2018).

5.8 Panorama da Indústria Calçadista no Brasil

Atualmente, as indústrias calçadistas registram um consumo crescente de matéria-prima e, conseqüentemente, um aumento na geração de resíduos sólidos, o que acarreta uma situação preocupante, quanto à exploração dos recursos naturais e descarte adequado desses resíduos para não acarretar perda da qualidade de vida e disseminação de doenças entre a população (ABICALÇADOS, 2022))

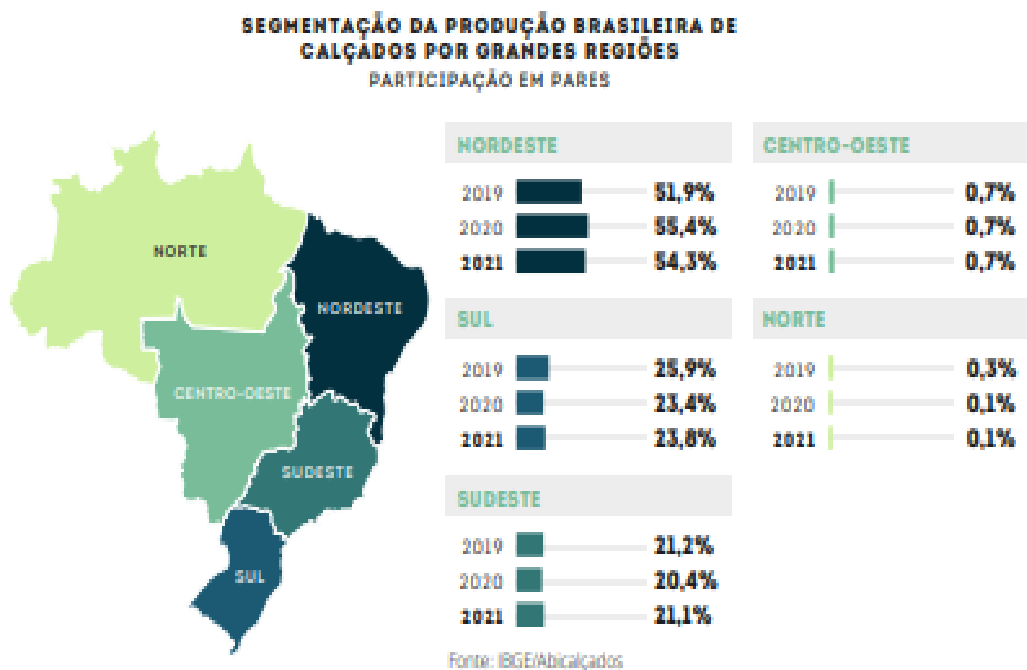
Conhecer a composição e o poder calorífico de um resíduo é fundamental para a levantar novos métodos de reaproveitamento energético, ou melhorar os já existentes. Por isso, essa pesquisa se justifica, por apresentar a análise gravimétrica com identificação do valor energético de forma organizada e específica para o setor calçadista. Aliado à causa socioambiental, a pesquisa poderá beneficiar também a indústria calçadista, destinatários do resíduo e o meio ambiente, oferecendo um rico conteúdo para embasamento de novas legislações e ou ajustes das Leis em vigor. Dessa forma, poderão ser facilitadas a condução de estudos econômicos e técnicos e a promoção de novas oportunidades de trabalho e renda (RIBER *et al.*, 2007).

De acordo com a Lei 12.305/2010, que institui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Calçados (ABICALÇADOS, 2022), produção brasileira de calçados apresenta o Nordeste com

uma expressiva participação que pode ser constatada ao se estabelecer uma divisão regional desta produção. A região concentrou 54,3% do total de calçados produzidos no Brasil em 2021, porém, no último ano, a taxa de participação da região caiu 1,1 ponto percentual em relação a 2020, mas manteve-se acima dos níveis pré-pandemia. Por sua vez, as regiões Sudeste (13,7%) e Sul (11,5%) são as únicas a superar a média brasileira (9,8%) na produção de calçados em 2021 em relação a 2020. No entanto, ambas as regiões se mantêm mais baixas do que em 2019. A única região a apresentar variação negativa na comparação 2021 x 2020 foi a Norte (-2,3%) (Figura 1).

Figura 1: Segmentação da produção brasileira de calçados por grandes regiões



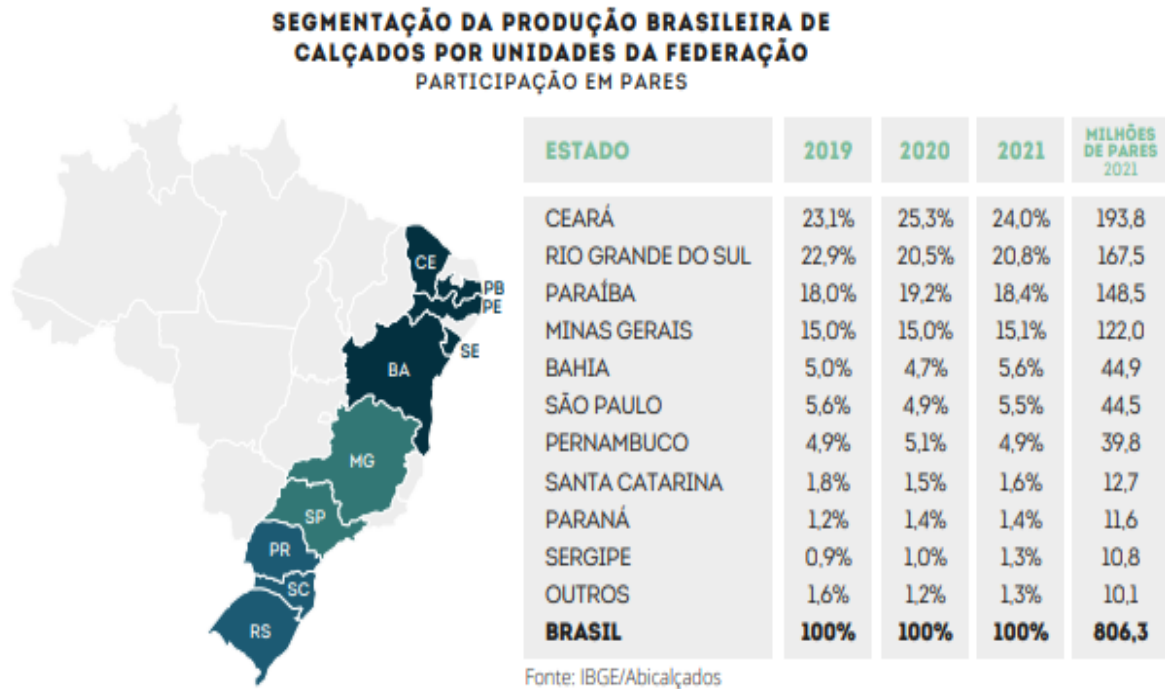
Fonte: IBGE/Abicalçados, 2022

Quanto às unidades federativas, os estados do Ceará, Rio Grande do Sul e Paraíba são os três maiores produtores de calçados, com participações de mercado de 24%, 20,8% e 18,4%, respectivamente, em 2021. Vale destacar que, entre os cinco maiores produtores, os Estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Bahia tiveram desempenho em 2021, com crescimento acima da média brasileira e, portanto, superior ao de 2020. A participação do ano aumentou.

Destaque também para o desempenho de Sergipe, que teve um aumento significativo na produção em 2021, com alta de 47,1%, para 10,8 milhões de pares.

Um dos motivos do desempenho desses estados é o perfil dos calçados produzidos e a queda em 2020, mais especificamente calçados de couro no Rio Grande do Sul. Destaque também para o aumento da produção (11%) no estado do Paraná, que produz muito calçados de segurança e já teve crescimento em 2020 (Figura 2).

Figura 2: Segmentação da produção brasileira de calçados por unidades da federação



Fonte: IBGE/Abicalçados, 2022.

Os centros calçadistas são áreas com grande concentração de empresas manufactureiras, com cidades muito próximas geograficamente. Para a seleção dos polos como objetos de interesse, três critérios foram considerados:

- (1) a contribuição da região para a produção nacional;
- (2) a contribuição da produção dos polos para a produção nacional;
- (3) a dispersão da produção dentro do estado.

O perfil geográfico dos polos leva em consideração a área geográfica intermediária do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 2020) e os municípios com empregos relacionados à indústria calçadista. As estimativas de produção de calçados para cada centro foram desenvolvidas a partir de microdados de produção para cada cidade fornecidos pelo IBGE, que foram agregados ao centro. Buscamos determinar a relação entre produção e geração de empregos para

extrapolar os dados de produção de 2019 do IBGE por meio do emprego na indústria calçadista em 2020 e 2021.

Portanto, é preciso observar as variações da produção relacionada ao emprego entre os estados e entre os polos calçadistas de cada estado. Nesse sentido, ao detalhar a concentração da produção nos estados de acordo com seus polos produtores, pode-se observar que o Ceará possui quatro polos, que juntos respondem por 97,5% da produção do estado em 2021. Desses polos, Sobral é responsável por 63,3% (122,6 milhões de pares) da produção nacional, porém, no último ano sua participação caiu 4,5 pontos percentuais em relação aos demais polos produtores do estado. Além disso, este par de calçados também é o segundo maior produtor de calçados do país. Embora o Ceará seja o maior estado produtor, existem algumas diferenças de produção entre os diferentes polos do estado.

O maior polo calçadista do Brasil é Campina Grande, na Paraíba, com produção estimada em mais de 144 milhões de pares. No sul do país, o Estado do Rio Grande do Sul é um importante produtor de calçados. No Estado, destaca-se o polo Vale do Rio dos Sinos (46,9% da produção estadual, 78,6 milhões de pares).

Em Minas Gerais, a produção está distribuída entre os polos de Nova Serrana - MG e Montes Claros. Este último representou 40,7% da produção nacional em 2019 e 51,6% em 2021, ou seja, um aumento de 10,9 pontos percentuais em relação a 2019 e de 1,7 pontos percentuais em relação a 2020 (49,9%). Essa dinâmica está relacionada aos tipos de calçados (chinelos de plástico e borracha) que são produzidos principalmente localmente. Nova Serrana - MG, 41,6% da produção estadual, 50,8 milhões de pares até 2021 (Figura 3).

Figura 3: Segmentação da produção brasileira de calçados por unidades da federação

CONCENTRAÇÃO DOS PRINCIPAIS POLOS CALÇADISTAS NA PRODUÇÃO DE CALÇADOS DAS UNIDADES DA FEDERAÇÃO DO BRASIL			
PARTICIPAÇÃO EM PARES			
ESTADO	2019	2020	2021
CEARÁ			
SOBRAL	65,8%	67,8%	63,3%
FORTALEZA	15,7%	15,4%	17,3%
JUAZEIRO DO NORTE	10,1%	8,7%	10,3%
OUXADÁ	5,9%	5,8%	6,7%
OUTROS	2,4%	2,3%	2,5%
PARAÍBA			
CAMPINA GRANDE	96,4%	97,0%	97,2%
JOÃO PESSOA	3,5%	2,9%	2,8%
OUTROS	0,1%	0,1%	0,1%
PERNAMBUCO			
RECIFE	99,3%	99,2%	99,4%
OUTROS	0,7%	0,8%	0,6%
BAHIA			
FEIRA DE SANTANA	41,0%	44,8%	44,3%
VITÓRIA DA CONQUISTA	42,3%	41,7%	41,1%
OUTROS	16,7%	13,5%	14,5%
MINAS GERAIS			
NOVA SERRANA	52,2%	43,2%	41,6%
MONTES CLAROS	40,7%	49,9%	51,6%
OUTROS	7,1%	6,8%	6,8%
SÃO PAULO			
FRANCA	35,0%	31,9%	36,5%
BIRIGUI	29,2%	30,6%	28,2%
JAÚ	11,9%	11,1%	11,5%
OUTROS	22,9%	26,4%	23,8%
SANTA CATARINA			
SÃO JOÃO BATISTA	77,8%	76,0%	80,3%
OUTROS	21,2%	24,0%	19,7%
RIO GRANDE DO SUL			
VALE DO RIO DOS SINOS	42,7%	46,3%	46,9%
VALE DO PARANHANA /ENCOSTA DA SERRA	19,1%	21,6%	21,3%
SERRA/HORTÊNCIAS	2,2%	2,8%	2,6%
OUTROS	36,0%	29,4%	29,1%

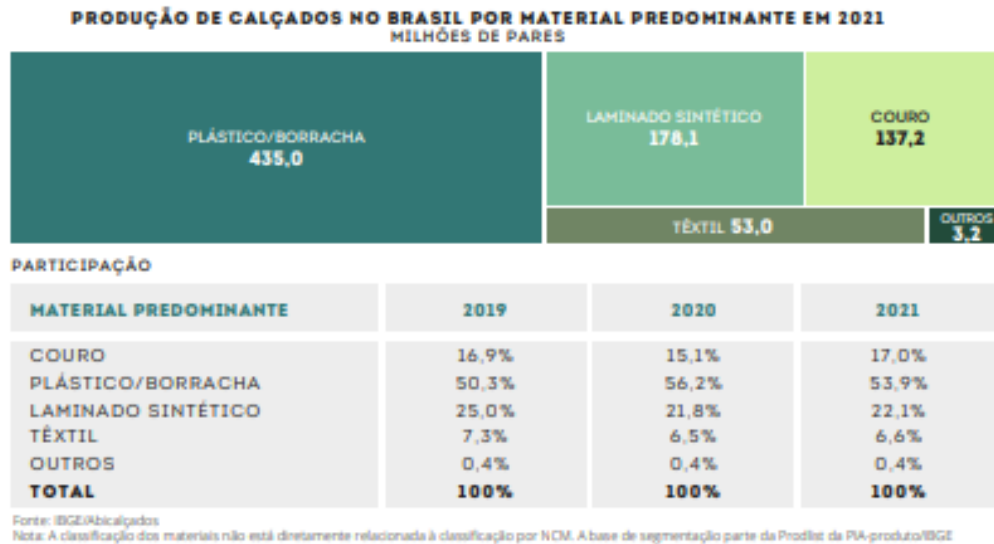
Fonte: IBGE /Abicalçados, 2022

A figura 4 indica a porcentagem dos principais materiais utilizados na produção da indústria brasileira de calçados, destaca-se o plástico/borracha. No entanto, a participação do material na produção brasileira caiu de 56,2% em 2020 para 53,9% em 2021, embora tenha sido observado um leve aumento na produção (5,4%) da categoria plástico/borracha na mesma comparação.

Por outro lado, a participação na produção de outros materiais cresceu em 2021. A categoria de couro se destaca, passando de 15,1% em 2020 para 17% em 2021, ou um aumento de 1,9 ponto percentual no engajamento, superando inclusive a participação da categoria antes da pandemia.

O aumento da participação do material se deve, em parte, ao crescimento da produção de calçados do Rio Grande do Sul, que se destaca pela produção e exportação de calçados de couro. A categoria de laminados sintéticos também teve aumento de participação em 2021 (22,1%) em relação a 2020 (21,8%), mas não o suficiente para atingir os níveis pré-pandemia (25,0%).

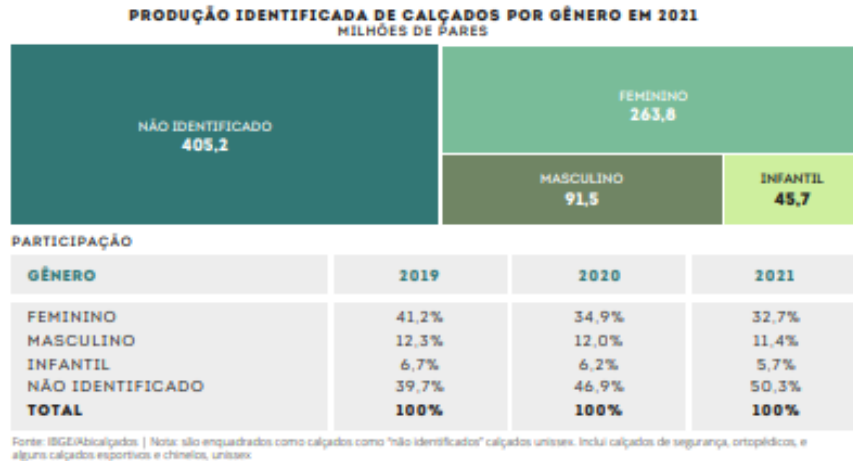
Figura 4: Produção de calçados no Brasil por material predominante em 2021.



Fonte: IBGE/Abicalçados, 2022

Já a Figura 5 a produção brasileira, medida em pares, desagregada por sexo, é importante definir dois grupos: (1) identificados; (2) não identificados (ou calçados adultos neutros em termos de gênero). Este último grupo inclui basicamente calçados unissex, ortopédicos, de segurança e outros tipos designados como de gênero "desconhecido". Assim, em 2021, esse tipo de calçado representará 50,3% da produção total, 3,4 pontos percentuais a mais que em 2020, impulsionado pelo crescimento relativo de calçados unissex (como muitos chinelos) e de calçados esportivos, produção total. Entre os calçados que definem o gênero, os calçados femininos são os que mais se destacam, respondendo por 65,8%, respondendo por 32,7% da produção total de calçados.

Figura 5: Produção identificada de calçados por gênero em 2021



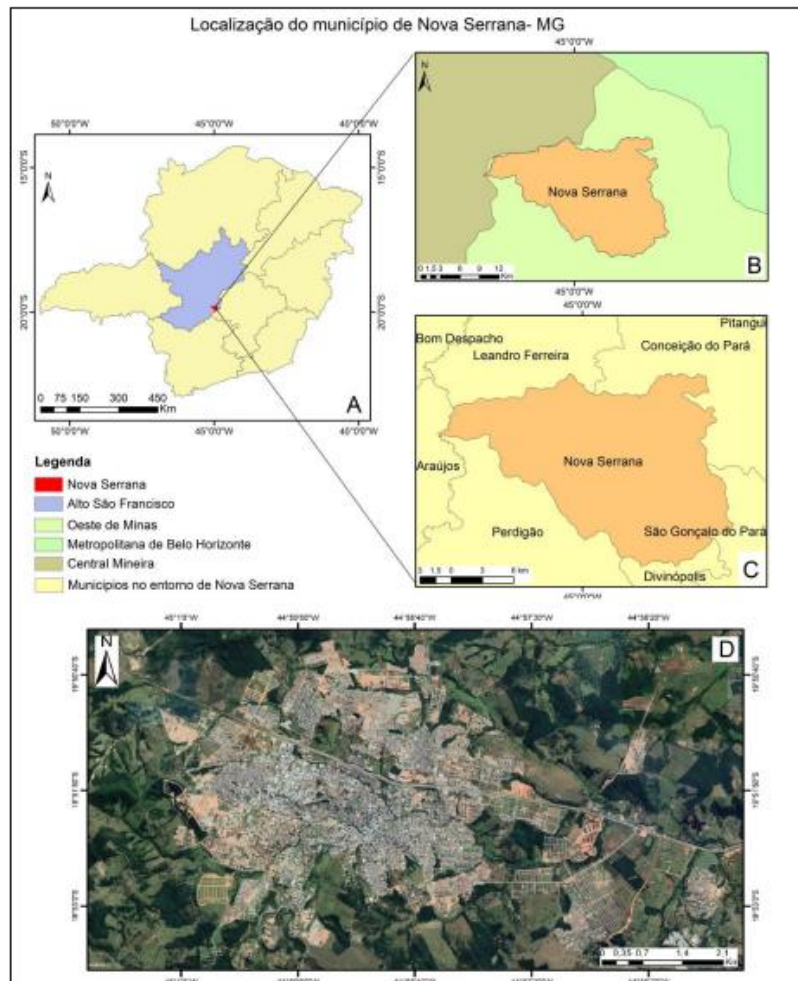
Fonte: IBGE/Abicalçados, 2022

5.9 Município de Nova Serrana – MG

O município de Nova Serrana - MG se posiciona às margens da BR-262, o que propicia favoravelmente as empresas locais do ponto de vista de acesso a mercados e compra de matérias-primas e componentes. A localização da cidade facilita o acesso aos grandes centros urbanos como Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro, e também favorece a comercialização da produção local, como as vendas diretas realizadas pelas fábricas.

Segundo o IBGE (2021), Nova Serrana - MG conta com 1.200 indústrias de calçados em atividade, está localizada na região Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais, às margens da BR 262, a 112 km de Belo Horizonte e a 42 km de Divinópolis. A cidade tem uma área territorial de 8.510.345,540 km², apresenta uma população estimada para 2021 de 108.241 habitantes. (Figura 6)

Figura 6. Mapa de localização de Nova Serrana - MG, Minas Gerais



Fonte: Pena; Rodrigues (2020)

Atualmente a atividade industrial da cidade é o ramo da produção de calçados, sendo um dos mais desenvolvidos polos de calçados do País, empregando nada menos que 20 mil trabalhadores diretos e 22 mil indiretos, produzindo cerca de 105 milhões de pares, e com uma cadeia produtiva composta de fabricantes de calçados, fornecedores de matérias-primas, acessórios, máquinas e outras prestadoras de serviços, segundo Ronaldo Andrade Lacerda, presidente do SINDINOVA (Sindicato Intermunicipal das Indústrias de Calçados de Nova Serrana - MG) A indústria calçadista se ramifica por vários municípios vizinhos, que além de fabricarem calçados, abastecem a indústria local com mão-de-obra. (SUZIGAN *et al.*, 2009)

A indústria Nova Serranense influencia o crescimento de municípios vizinhos terceirizando algumas etapas do processo da produção no seu entorno, pelos municípios como Divinópolis e sua microrregião, São Gonçalo do Pará, Itaúna,

Perdigão, Bom Despacho, Araújo, Leandro Ferreira, Pitangui e Pará de Minas, além de outras de microrregiões circunvizinhas. Nas cidades vizinhas como Araújo e Perdigão, por exemplo, existe uma concentração de pequenas empresas, na maioria familiares, que fabricam produtos similares aos de Nova Serrana - MG. A formação do polo industrial entre Nova Serrana - MG e municípios vizinhos contribui para o crescimento e o fortalecimento da região, atraindo mais compradores, empresas fornecedoras de componentes e apoio do setor público, (AZEVEDO; PARDINI; SIMÃO, 2015).

A industrialização da cidade se desenvolveu muito rápido e hoje a cidade recebe o nome de “Polo Calçadista Mineiro”, porém sua infraestrutura urbana de modo geral é bastante deficiente, não acompanhando o crescimento e sobretudo pela falta de um planejamento que discipline a instalação de fábricas em áreas próprias. Com um crescimento desorganizado as fábricas foram sendo instaladas por toda a área urbana, misturando fábricas de calçados ou componentes e residências. Com um crescimento desordenado, e com grande parte da população vindo de regiões carentes em busca de empregos, a cidade apresenta uma falta de mão-de-obra especializada, para setores como operação de pesponto, serviços técnicos especializados, como modelagem, *design* e serviços financeiros. Existe uma grande defasagem de mão-de-obra na cidade, o que faz atrair mão-de-obra dos municípios vizinhos (AZEVEDO; PARDINI; SIMÃO, 2015)

A escolha da empresa RECINOVA – EIRELI M/E se deu porque a empresa recebe resíduo de vários tipos de empresa calçadista, tendo está um material importante e suficiente para realizar a gravimetria dos resíduos calçadistas (INFORMAÇÕES CEDIDAS PELA EMPRESA).

A indústria RECINOVA – EIRELI M/E, razão social Reciclagem De Materiais Sintéticos Guimaraes Eireli (Figura 7). A empresa foi fundada em 05/09/2006 no segmento de Reciclagem de Materiais, e está localizada à Rua 7, Nº 551 no bairro Santo Expedito em Nova Serrana - MG - MG. A empresa tem como atividade principal a recuperação de materiais, e como atividades secundárias a recuperação de materiais plásticos, a coleta de resíduos não-perigosos, a coleta de resíduos perigosos, e a recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio. A RECINOVA – EIRELI M/E atua na área de reciclagem junto às Indústrias Calçadistas de Nova Serrana - MG, respeita os padrões éticos e legais exigido pelo FEAM - Órgão Ambiental de Minas Gerais, realizando a coleta de resíduos diretamente nas

indústrias de calçados, que muitas vezes eram colocados nas ruas e recolhido por catadores (INFORMAÇÕES CEDIDAS PELA EMPRESA).

Figura 7: A Empresa RECINOVA – EIRELI M/E, localizada em Nova Serrana-MG



Fonte: RECINOVA – EIRELI M/E (2023)

6. METODOLOGIA

6.1 Caracterização da pesquisa

Quanto ao objetivo, esta pesquisa é classificada como pesquisa aplicada porque visa investigar, provar ou rejeitar as hipóteses propostas pelo modelo teórico. Quanto à metodologia, a pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois visa gerar informações numéricas que posteriormente serão utilizadas na tomada de decisão.

6.2 Caracterização gravimétrica dos materiais

O método é baseado na ABNT NBR 10.007:2004 - Amostragem de resíduos sólidos. Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2019), a análise gravimétrica inclui a composição de peso, geração per capita e gravidade específica dos Resíduos Sólidos, a análise gravimétrica mostra a porcentagem das diversas partes que compõem os resíduos, como papel, papelão, couro, plástico, E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) e borracha.

Após a coleta, os resíduos foram transportados para o galpão da RECINOVA – EIRELI M/E. Colocado o material sobre uma superfície impermeável confeccionada com lona, em seguida desempacota todos os materiais de embalagem e pesa-se todos os resíduos.

A partir disso, durante a pesagem, calcula-se a porcentagem de cada material, realizando assim a determinação gravimétrica. De acordo com a classificação proposta pela FEAM (2015), os resíduos foram divididos em diferentes categorias por composição, a saber: papel, papelão, couro, plástico, E.V.A. e borracha.

Para a caracterização dos resíduos presentes no estudo foram utilizados critérios de análise dos materiais e separação por classe e/ou composição através de tabelas cedidas pela contabilidade da empresa, referentes aos anos de 2019, 2020 e 2021.

Foram então montadas quatro amostras, em que três foram as tabelas dos resíduos recebidos pela RECINOVA – EIRELI M/E nos anos de 2019, 2020 e 2021. As tabelas foram analisadas e assim realizado a análise gravimétrica por percentual de cada resíduo dentro da massa total anual.

A quarta amostra foi uma amostra recebida pela RECINOVA – EIRELI M/E na data de 04/01/2022 em seu galpão, que foi pesada e também realizado a gravimetria por percentual de peso de cada componente. Da quarta amostra gerou-se o espaço amostral da Tabela 1 e os dados encontram-se nos resultados.

6.3. Caracterização do valor do poder calorífico

A determinação do poder calorífico foi realizado na Unidade de Valoração Energética do Laboratório da ESSENCIS, Município de Betim-MG, na data 01/04/2022. Os protocolos utilizados pela Essencis estão em anexo neste trabalho. Para a análise do laboratório foi utilizado uma parte da amostra recolhida no pátio da RECINOVA – EIRELI M/E em 04/01/2022. Essa amostra foi previamente selecionada e encaminhada para as análises do poder calorífico, presença do flúor e teor de umidade. O método adotado para análise foi executado conforme a NBR 10.007, que trata de amostragem de resíduos sólidos (Figura 8).

Figura 8 – Amostra de Resíduos de Calçados.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Na figura 9 temos as amostras de curvim sintético que é um tecido de nylon, sarja ou algodão, com espessura grossa e com aspecto rústico, no entanto, tem maior resistência e seu brilho tem uma pequena aparência comparado com o couro, a durabilidade é um pouco mais baixa e pode ser usada para fazer roupas e acessórios (MARTINS; BASTOS; OLIVEIRA, 2020).

Geralmente, as peças materiais sintéticas geralmente não duram muito tempo; portanto, considere se vale a pena economizar alguns preços sem depender de projetos de longo prazo. O couro não entra em colapso porque é mais resistente aos medicamentos, mas ao esfregar com outras superfícies, pode usá-lo, e esse atrito é uma matéria-prima natural, por isso não é entendido como defeitos (DE MELO et al., 2004).

Figura 9 – Amostra de resíduos de curvim sintético



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022).

Uma das principais vantagens dos tecidos como o curvim para calçados é o baixo custo de fabricação e o menor impacto ambiental. Além disso, é um material de fácil manuseio que pode ser utilizado na confecção de calçados com *designs* modernos e inovadores, disponíveis em diversas cores e estampas (Figura 10) (BLAGA et al., 2015).

Curvim é um tecido feito de fibras de polímeros sintéticos projetado para imitar o couro animal, o mais próximo do couro tradicional em textura e aparência. É também uma alternativa ecológica, já que seu processo ocorre inteiramente em laboratório (BREDA, 2016).

Figura 10 – Amostra de Resíduos de Curvim.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Na figura 11 encontram-se resíduos de apliques cristal de PVC. Segundo a Associação Brasileira de Calçados (ABICALÇADOS, 2022), a principal característica do PVC é que ele pode ser adicionado de diversas formas para produzir diferentes efeitos.

A versatilidade do PVC é um diferencial e, como tal, este produto oferece as características perfeitas para as propriedades (resistência à água, variedade de cores, resistência à abrasão, ductilidade, resistência a baixas temperaturas, etc.) necessárias para botas de chuva, botas refrigeradas, calçados de segurança etc) (ABICALÇADOS, 2022).

Figura 11 – Amostra de resíduos de apliques cristal de PVC



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Devido à sua natureza química, o PVC contém 57% dos ingredientes sal marinho, uma fonte inesgotável na natureza, o que o diferencia de outros polímeros. Ele também explicou que é uma resina não tóxica, o que permite que seja usada em aplicações sensíveis, como produtos farmacêuticos, bolsas de soro e sangue ou embalagens de alimentos.

O PVC é 100% reciclável e, como 70% do PVC é usado para aplicações de longo prazo (50 a 100 anos), é um material raramente encontrado no lixo (Figura 12).

Figura 12 – Amostra de Resíduos de sola de PVC.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Na figura 13 encontram-se os resíduos de tubox. O tubox é uma folha de plástico reciclável sustentável e econômica feita de materiais compósitos (também conhecidos como polímeros híbridos) que acabam em aterros sanitários e são difíceis de reciclar (NAGANO; BEGG, 2018).

O material da palmilha deve ter propriedades de equilíbrio suficientes para ser macio o suficiente para absorver o impacto do pé, firme o suficiente para não cair até que o impacto do calcanhar seja totalmente absorvido e flexível o suficiente para suportar o movimento. Dentre os atributos da transpiração, o calor e a umidade causam alto grau de desconforto devido ao contato direto da palmilha com o pé (YICK; YU; LI, 2019).

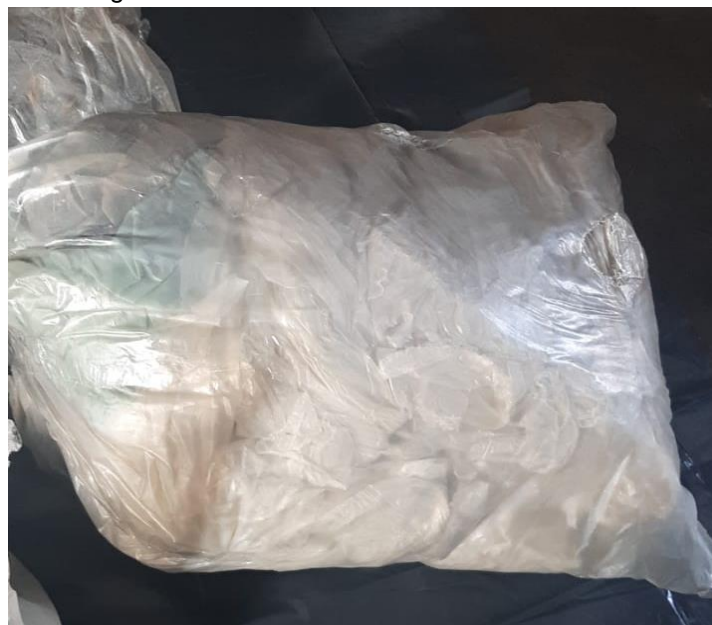
Figura 13 – Amostra de Resíduos de Tubox.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

A figura 14 apresenta resíduos de plástico. O plástico é produzido em 3 etapas, através do processo úmido do material plástico; apesar de ser o tipo mais barato, tem grandes possibilidades de acabamentos, porém, possui um toque mais duro e menor permeabilidade ao ar em comparação com as propriedades do poliuretano e permeabilidade à umidade (DREGER et al., 2018).

Figura 14 – Amostra de Resíduos de Plástico.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022).

Na figura 15 estão os resíduos de camurça. A camurça pode ser pensada como o inverso do couro, ou seja, é a parte de fora da pele, lavada e lixada até atingir aquela textura conhecida que mistura maciez com um ar mais rústico, como cobrir os cabelos. Este tecido é comumente usado em botas, mocassins, jaquetas, bolsas e mochilas.

Figura 15 – Amostra de Resíduos de Camurça.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Após selecionar pequenas partes da amostra total, essas foram misturadas, homogeneizadas e colocadas em um triturador de bancada TBS – 215 x 405 1E, da Bruno Industrial, utilizado pela empresa para amostragens, conforme Figura 16.

Figura 16 - Triturador de bancada TBS – 215 x 405 1E, da Bruno Industrial.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Após a trituração, os resíduos passam a apresentar maior homogeneidade e ficam com a granulometria de 5 cm.

Em seguida da trituração, para dar continuidade às análises laboratoriais, adotou-se o método de quarteamento para a redução granulométrica e da massa, conforme a Figura 17.

Figura 17: Quarteamento da amostra.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Segundo a NBR 10.007, o método de quarteamento assegura a integridade da amostra, onde a parcela analisada apresenta as mesmas características e propriedades da massa total do resíduo amostrado. Então, assim uma parcela quarteada foi submetida à pulverização por atrito, realizada no moinho de panelas (Figura 18).

Nesta etapa a amostra adquire aspecto de um pó (granulometria necessária para realização das análises) e garante uma homogeneização correta (Figura 19).

Figura 18 – Moinho de Painelas i-4227 da Contenco.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Figura 19 – Amostra após pulverização no moinho de painelas i-4227 da Contenco.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022).

A próxima etapa foi submeter a amostra à Estufa de Secagem SL-102 da Solab para determinação do teor de umidade.

O passo seguinte para a definição do parâmetro de qualidade é a análise do Poder Calorífico (PCS). Para isto, pesou-se a amostra, e submeteu-a ao Calorímetro AC 600 da LECO (Figura 20).

Figura 20: Calorímetro AC 6000 da LECO, UVE da ESSENCIS S/A



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

O levantamento do valor do poder calorífico de uma amostra (PCS) é determinado pela combustão da amostra em um ambiente controlado.

O calor liberado é proporcional ao conteúdo calorífico da substância. No calorímetro, modelo AC600, a amostra é colocada em um ambiente de alta pressão de oxigênio chamado Vaso de Combustão de Oxigênio (Vaso Calorimétrico). O vaso calorimétrico é cercado por água e a amostra é posta em ignição. A temperatura da água é medida por um termômetro eletrônico com resolução de 0,0001°C. Durante a análise, o vaso é mergulhado em um banho de água chamado Bucket (balde). O poder calorífico foi calculado de acordo com a fórmula abaixo:

6.4 Capacidade de calor do sistema calorimétrico (c)

$$C = \frac{Q_{\text{ác}} * m + Q1}{\Delta T}$$

ΔT

Fórmula (1)

C= Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico

$Q_{\text{ác}}$ - Calor de combustão do ácido benzoico = J

m - Massa do ácido benzoico (g)

Q1- Soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/g

Calor de combustão fio de algodão = 50J/g

ΔT - Variação de temperatura (J)

$$\text{PCS(J/g)} = \frac{C \cdot \Delta T - \sum Q}{M}$$

Fórmula (2)

ΔT - Variação de temperatura (J)

m= massa da amostra

6.5 Soma das energias externas ($\sum q$)

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Fórmula (3)

Q_1 - soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/ fioNi/Cr

Calor de combustão fio de algodão = 50J/ fio de algodão

Q_2 - Calor de combustão do ácido benzoico = 26,434J/g

Q_3 - Calor de combustão da cápsula de aceto butirato = 20092J/g

$$\text{PCS(Kcal/Kg)} = \text{PCS(J/g)} \times 4,186148543.$$

Os resultados de **PCS** deverão ser expressos em cal/Kg. Ao final da análise registrar os resultados encontrados na rede no seguinte atalho:

O Bucket é selado com o uso de um anel inflável. Cercando o Bucket e está a região conhecida como Jacket (Jaqueta). A temperatura da água no Jacket é controlada de forma precisa de acordo com um set point ajustado. Os resultados da análise do Poder Calorífico (PCS) são expressos em cal/Kg.

De acordo com ASTM D240-87, Método de Teste Padrão para Calor de Combustão de Combustíveis de Hidrocarbonetos Líquidos por Calorímetro de Bomba, o processo de combustão é realizado em um calorímetro de bomba sob condições especificadas. Esta norma é adotada devido à inexistência de normas específicas para a determinação do poder calorífico dos resíduos sólidos.

Na Unidade de Valoração Energética também se realizou através do método de Mohr, a determinação da concentração do íon cloreto através da titulação com nitrato de Prata cuja concentração é conhecida, usando-se como indicador o cromato de potássio, pelo Procedimento operacional espectrofotômetro DR3900. No ponto final, o primeiro excesso do íon prata reagirá com o indicador ocasionando a

precipitação do cromato de prata vermelho. Este método requer uma prova em branco para que se possa corrigir o erro cometido na detecção do ponto final de titulação. Os resultados são expressos em Porcentagem de Cloreto (% Cl⁻).

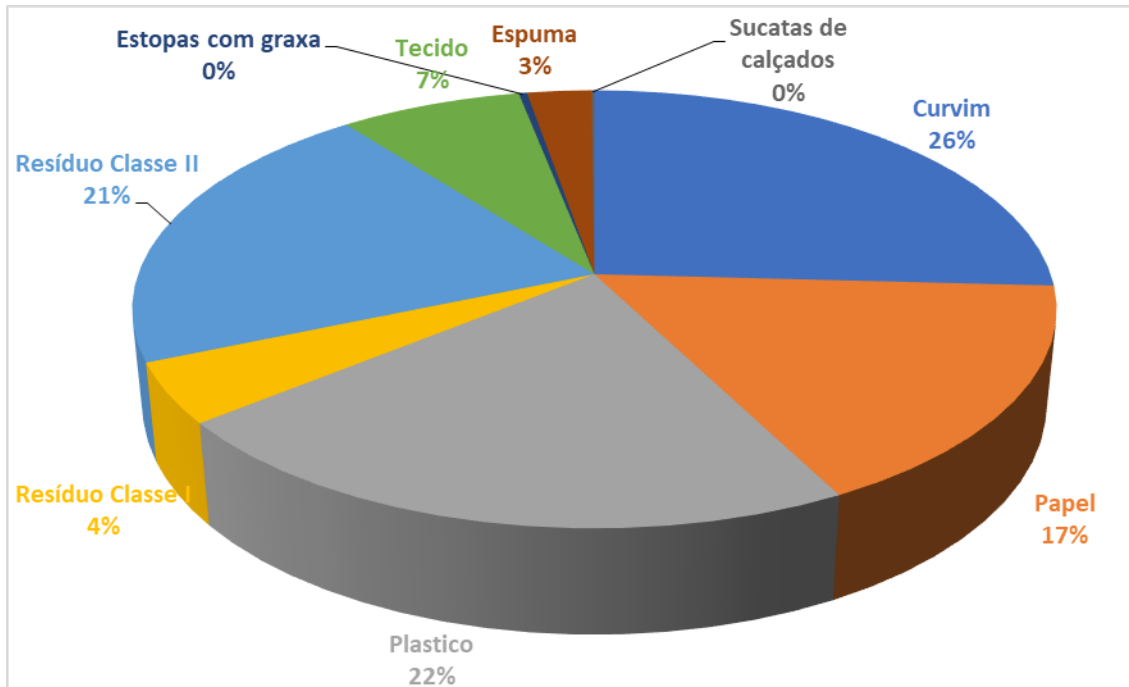
O teor de sólidos é obtido a partir do peso constante da massa, seco em temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Os resultados são expressos em porcentagem (%). Dessa forma, ao seguir os procedimentos descritos acima foram obtidos os dados necessários para a realização da pesquisa e para o cumprimento dos objetivos propostos.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com o seu perigo e origem. De acordo com a NRB 10004:2004, os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com seus perigos como: a) Resíduos Classe I - Perigosos: devido às suas propriedades inflamáveis, corrosivas, reativas, tóxicas ou patogênicas, à saúde ou ao meio ambiente; b) Classe II resíduos - não perigosos: i. II A - Não inertes: são aquelas substâncias que podem apresentar propriedades de inflamabilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, mas não se enquadram na classe I; II. II B - Inertes: são aquelas substâncias que não oferecem risco à saúde devido às suas propriedades intrínsecas. A concentração de seus componentes solúveis em água não será superior ao padrão de água potável.

Na Figura 21 é apresentada a distribuição da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos no ano de 2019. Aproximadamente 26% são compostas de curvim, 22% de plástico, 21% de resíduos classe II, 17% de papel, 7% de tecido, 4% de resíduos classe I e 3% de espuma.

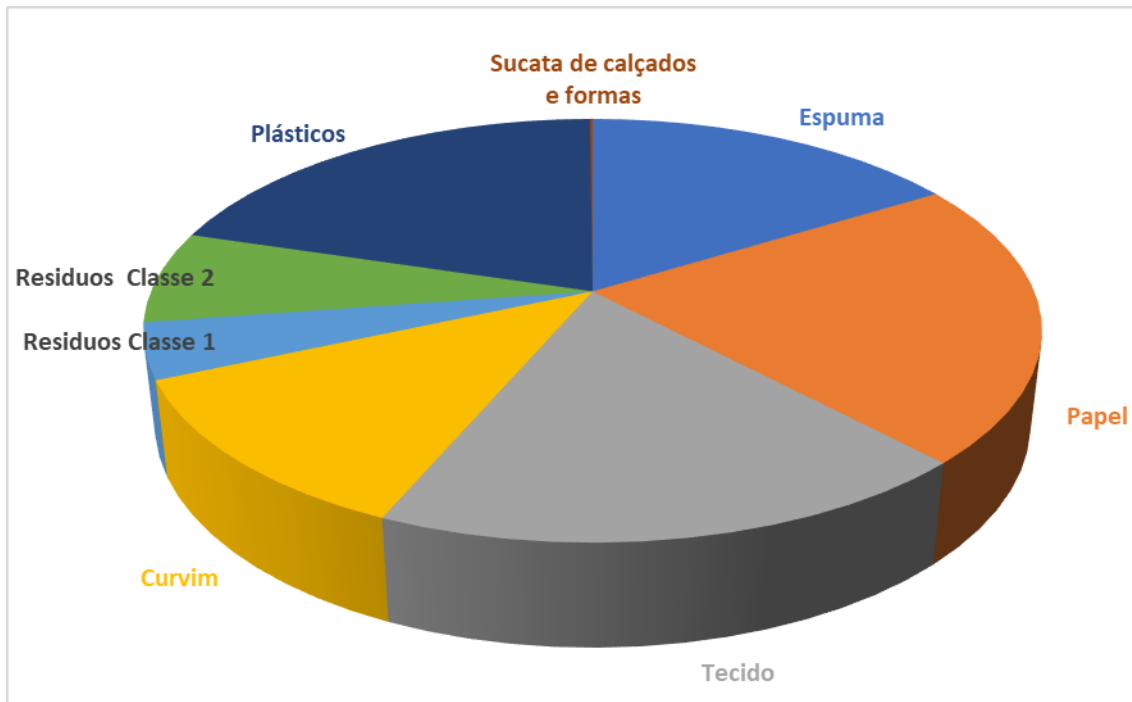
Figura 21: Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2019.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2023)

Na Figura 22 é apresentada a distribuição da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos no ano de 2020. Aproximadamente 22% são compostas de papel, 20% de plástico, 19% de tecidos, 16% de espuma, 12% de curvim, 7% de resíduos classe II e 4% de resíduos classe I.

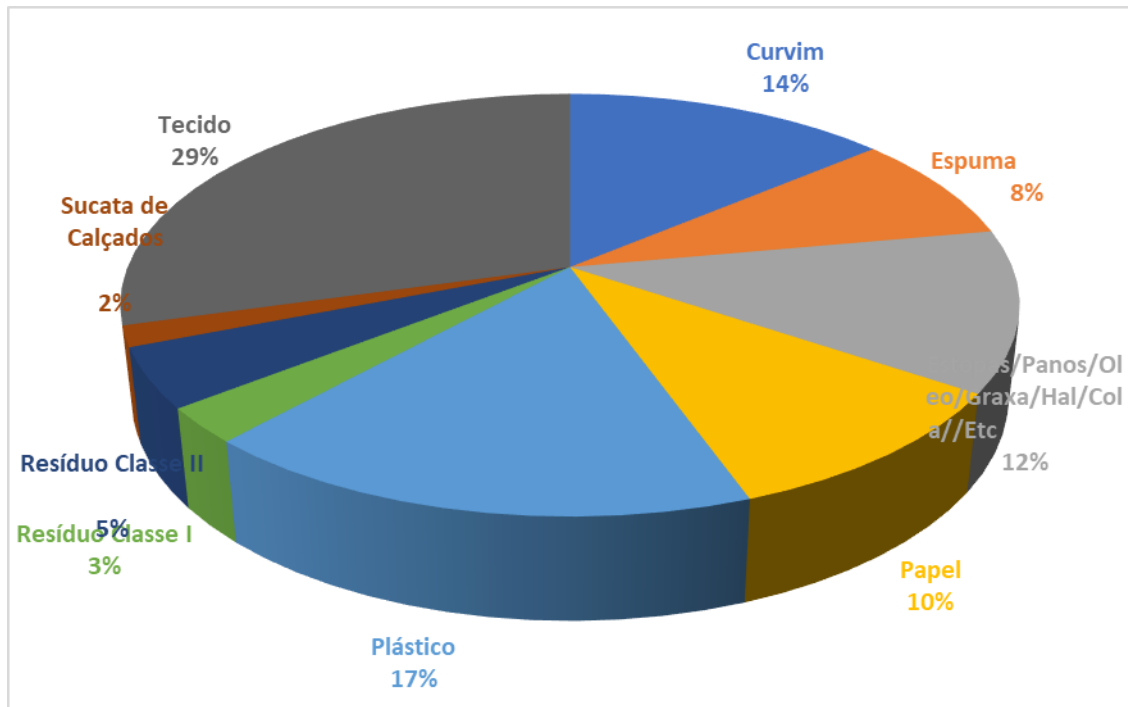
Figura 22: Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2020.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2023).

Na Figura 23 é apresentada a distribuição da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos no ano de 2021. Aproximadamente 29% são compostas de tecido, 17% de plástico, 14% de curvim, 12% de estopa, 10% de papel, 8% de espuma, 5% de resíduos classe II e 3% de resíduos classe I.

Figura 23: Análise percentual dos Resíduos RECINOVA ano 2021.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2023).

A quarta amostra relatada na metodologia, foi separada no galpão da RECINOVA – EIRELI M/E na data de 04/01/2022. Esta foi pesada e também realizada a gravimetria por percentual de peso de cada componente. Da quarta amostra gerou-se o espaço amostral da Tabela 1.

Tabela 1: Composição gravimétrica dos resíduos da RECINOVA – EIRELI M/E em 04/01/2022.

Material	Quantidade	Porcentagem
Couro	222,7 kg	36,87
Recouro	21,7 kg	3,59
Entretela	19,6 kg	3,24
E.V.A	61,2 kg	10,13
Couraça seca	38,3 kg	6,34
TR	7,2 kg	1,19
Nylon	74,4 kg	12,31
Espuma	9,3 kg	1,53
Courvim	91,7 kg	15,18
Plástico	5,7 kg	0,94
Papel	13,3 kg	2,20
Couraça	38,8 kg	6,42
Total	603,90	100,00

Fonte: De Mendonça, A.P. (2022).

O material disposto no estudo é gerado em partes distintas da produção do calçado, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Composição dos resíduos

Couro	
Recouro	Preparação de amostras, corte, divisão e chanfro
Entretela	Preparação de amostras, corte, divisão e chanfro
E.V.A	Corte
couraça seca	Preparação de amostras, corte, divisão e chanfro
TR	Corte
nylon	Corte
espuma	Corte
courvim	Preparação de amostras, corte, divisão e chanfro
plástico	Corte
papel	Desenvolvimento, compras, almoxarifado, administrativo
couraça	Corte

Fonte: De Mendonça, A.P. (2023).

No presente trabalho foi verificado que durante os anos houve diferença na quantidade de quilos de resíduos produzidos o que pode estar relacionado ao relacionada ao volume de produção e ao tipo de calçado produzido. Outro fato relacionado é a busca por materiais alternativos mais acessíveis, aumentando a gama de tipos de resíduos existentes. Também é importante ressaltar isso. Tipo de indústria segue o mercado da moda, então o tipo de resíduo gerado varia de estação para estação.

Tal fato, pode ser principalmente justificado devido a pandemia de COVID-19 que ocorreu nos anos de 2020 até o presente momento o que alterou o ritmo de produção, principalmente devido a necessidade do isolamento social que manteve as fábricas fechadas durante alguns meses.

A análise do poder calorífero encontrou um valor de 4.236,37 Kcal/kg, baseado no teste dia 01 de abril de 2022 sendo esse resultado explicado pelo baixo teor de matéria orgânica e pela maior participação de papel/papelão, plásticos rígidos, trapos, espumas, que contribuem para o aumento do poder calorífico (Tabela 3).

Para que um resíduo seja considerado um substituto de combustível, ele deve fornecer energia térmica ao processo quando queimado. Quando considerado como substituto parcial de matérias-primas, deve conter cálcio, sílica, alumínio e ferro como componentes principais. Neste caso, inclui-se material mineralizado e/ou fundido. Resíduos com poder calorífico podem ser utilizados como substituto energético do processo.

Comparando os resultados obtidos com o coque de petróleo que é o combustível mais utilizado na indústria cimenteira que possui um poder calorífico de aproximadamente 7.100kcal/kg e o resíduo estudado no presente trabalho possui um poder calorífico em torno de 4.236 kcal/kg, o presente material representa 59% da energia do coque. Levando em consideração que a tonelada do coque custa em média US\$ 148,00 enquanto a tonelada do resíduo da indústria calçadista tem um custo em média US\$ 62,50 para a empresa entregá-lo ao aterro, ou seja, ele não tem preço comercial ele é uma despesa, apesar do preço que deveria ter de US\$ 153,00 a tonelada, atualmente ainda é uma despesa para o fabricante ao invés de um custo para a empresa cimenteira.

Portanto, a partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que é tecnicamente viável reciclar os resíduos de calçados como combustível alternativo, visto que o resíduo tem seu valor real e não como lixo ou resíduo. Assim, os resíduos são reintroduzidos na cadeia produtiva, diminuindo a quantidade de material enviado para aterros sanitários, pois de acordo com os ensaios mecânicos realizados, as amostras obtidas apresentaram resultados satisfatórios em atendimento aos valores de referência.

Tabela 3: Resultados dos testes do laboratório

Testes realizados no laboratório da Essencis-Betim	Resultado obtido
Teste de umidade	5%
Teste de flúor	-0,002 %
Teste de cloro	0,27%
Teste poder calorífico	4.236,37 Kcal/kg

Fonte: De Mendonça, A.P. (2023).

O teor de umidade encontrado na amostra foi de 5% o que corrobora com o dado supracitado visto que o teor de umidade de componentes inorgânicos, como metal e vidro, é geralmente inferior a 10%. Já o flúor foi ausente na amostra e o de cloro 0,27% o que é excelente para seu uso, pois para que o resíduo seja considerado combustível alternativo, ele deve apresentar poder calorífero de no mínimo 2775 kcal/ kg, segundo Normas Técnicas. Tais combustíveis necessitam passar por um exigente controle de qualidade para se obter um bom potencial de combustão, pois fatores como alta entrada de cloro podem afetar essa redução de potencial calorífero e causar danos aos equipamentos envolvidos nessas alternativas de tratamento térmico.

8. CONCLUSÃO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de conhecer a gravimetria e o poder calorífico dos resíduos sólidos gerados nas Indústrias Calçadistas de Nova Serrana - MG. A partir desse levantamento avaliar-se-ia a viabilidade da utilização desses resíduos como combustível alternativo em fábricas de cimento. O estudo buscou uma destinação correta para os resíduos Calçadistas, conhecendo seu PCS e sua gravimetria. É importante que fique claro que não existe solução ideal para o gerenciamento de resíduos, e que nenhuma técnica pode ser analisada e praticada isoladamente.

O objetivo de identificar e quantificar os resíduos da indústria recebidos pela RECINOVA – EIRELI M/E em de 2019 a 2021 foi atingido sendo verificado que os principais resíduos gerados pela indústria são o curvim, plástico, resíduos classe II, papel, tecido, resíduos classe I e espuma.

Para que um resíduo seja considerado um substituto de combustível, ele deve fornecer energia térmica ao processo quando queimado. Quando considerado como substituto parcial de matérias-primas, deve conter cálcio, sílica, alumínio e ferro como componentes principais. Neste caso, inclui-se material mineralizado e/ou fundido. Resíduos com poder calorífico podem ser utilizados como substituto energético do processo.

Comparando os resultados obtidos com o coque de petróleo que é o combustível mais utilizado na indústria cimenteira que possui um poder calorífico de aproximadamente 7.100kcal/kg e o resíduo estudado no presente trabalho possui um poder calorífico em torno de 4.236 kcal/kg, o presente material representa 59% da energia do coque. Levando em consideração que a tonelada do coque custa em média US\$ 148,00 enquanto a tonelada do resíduo da indústria calçadista tem um custo em média US\$ 62,50 para a empresa entregá-lo ao aterro, ou seja, ele não tem preço comercial ele é uma despesa, apesar do preço que deveria ter de US\$ 153,00 a tonelada, atualmente ainda é uma despesa para o fabricante ao invés de um custo para a empresa cimenteira.

Assim, a partir dos resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que é tecnicamente viável reciclar resíduos calçadistas como combustível alternativo, enxergando o resíduo com o seu valor real e não como lixo ou rejeito. Assim, os

resíduos são reintroduzidos na cadeia produtiva, reduzindo a quantidade de material enviado para aterros sanitários, pois de acordo com os ensaios mecânicos realizados, as amostras obtidas apresentaram resultados satisfatórios de acordo com os valores de referência.

Outro aspecto importante do coprocessamento é a destinação ambientalmente correta dos resíduos. Um fator importante é que o coprocessamento elimina 100% do passivo ambiental. Todas as cinzas da queima são adicionadas ao cimento, isentando-o de qualquer responsabilidade. O aspecto ambiental do coprocessamento é um grande diferencial dessa tecnologia. Além de eliminar o passivo ambiental, também evita que os materiais sejam encaminhados para aterros ou lixões e a recuperação energética de resíduos produz oito vezes menos emissões de gases do que a meta para processos convencionais.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS. **Relatório setorial: Indústria de calçados do Brasil**, 2022 Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. Novo Hamburgo: Abicalçados, 2022

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. **Resíduos Sólidos: Classificação** – NBR 10.004/2004.

ABRECON. **Relatório Pesquisa Setorial** 2021/2022. Disponível em: www.abrecon.org.br. Acesso em: 10 abr. 2023

ACSELRAD, H., BEZERRA, G. N.; MELLO, C. C. A. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

AMIN, P.R.P. **O co-processamento e a incineração como tecnologias de tratamento de resíduos sólidos**. Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.avm.edu.br/monopdf/26/PRISCILLA%20REGINA%20PITANGUI%20AMIM.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Panorama Do Coprocessamento** – Brasil 2019 (Ano Base 2017).2019. Disponível em: https://abcp.org.br/wpcontent/uploads/2019/11/Panoramaco_processamento_2019_v2bx.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1987. **Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter – ASTM D240/87**.

AZEVEDO, A. C.; PARDINI, D. J.; SIMÃO, G. L. Capital social e relacionamentos inter e intrarregionais em arranjos produtivos locais: estudo no APL calçadista de Nova Serrana/ MG. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v.4, n.2, 2015.

BANCO MUNDIAL. **Carbon Pricing Leadership Report**. 2019. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/567161559579098882/2018-2019-Carbon-PricingLeadership-Report>> Acesso em: 10 abr. 2023

BERTOL, M. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio de Grande do Sul (UNIJUÍ). **Estudo dos impactos da reutilização de resíduos a construção civil**. Ijuí. RS. 2015.

BLAGA, M.; CIOBANU, A. R.; MARMARALI, A.; ERTEKIN, G.; ÇELIK, P. Investigation of the physical and thermal comfort characteristics of knitted fabrics used for shoe linings. **Tekstil ve Konfeksiyon**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 111–118, 2015.

BRASIL. **Lei nº 3.273, de 06 de setembro de 2001**, que dispõe sobre a Gestão dos Serviços de Limpeza Urbana e dá outras providências. Rio de Janeiro: 2001.

Disponível em: <http://comlurb.rio.rj.gov.br/decreto_21305.htm>. Acesso em: 10 abr. 2023

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão sob consulta pública**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente 2020. Disponível em: [PlanoNacional-de-Resíduos-Sólidos-Consulta-Pública.pdf](http://mma.gov.br/PlanoNacional-de-Resíduos-Sólidos-Consulta-Pública.pdf) (mma.gov.br). Acesso em: 10 abr. 2023.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305**. 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2023

BRASILEIRO, L. L; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015.

BREDA, F. A. **Proposta de um modelo de gestão de resíduos industriais para o setor calçadista de Franca-SP com vistas à Política Nacional de Resíduos**. 2016. Universidade de São Paulo, [S.l.], 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-12072016-105138/pt-br.php#:~:text=Países como Alemanha e Estados, resíduos desde os anos 1970.&text=Dessa forma%2C o objetivo desta, Política Nacional de Resíduos Sólidos>. Acesso em: 10 abr. 2023

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. In: **Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - NORMA TÉCNICA P4.263. **Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer**. 19 p. Dez/2003.

CHAGAS, D. T. et al. Gestão de resíduos produzidos na indústria calçadista e implantação de programas ambientais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 189, 31 maio 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Nº 307**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/> Acesso em: 10 abr. 2023.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n.º 03, de 28 de junho de 1999**. Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília, 22 ago 1999.

COSTA, A. A Desenvolvimento **de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos a partir das variáveis população, renda e consumo de energia elétrica**. Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2016.

CRETELLA NETO, J. **Curso de direito internacional do meio ambiente**. São Paulo: Saraiva. 2012. 936 p. ISBN: 9788502171466

DE MELLO, L. M. M. et al. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 121–129, jan. 2004.

DREGER, A. A.; BARBOSA, L. A.; SANTANA, R. M. C.; SCHNEIDER, E. L.; MORISSO, F. D. P. Caracterização mecânica e morfológica de solados produzidos com resíduos de laminados de PVC da indústria calçadista. **Revista Materia**, [S. l.], v. 23, n. 1, 2018.

EIGENHEER, E. M. **Lixo, vanitas e morte: considerações de um observador de resíduos**. Niterói: EDUFF, 2003. AQUINATE, n. 1, 2005. 252-256 p.

EIPPCB. **Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries**, 2013.
ELIAS, D. S. **Caracterização de cinzas de carvão mineral e sua aplicação como barreira impermeabilizante**. 2018. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Geotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - **Fiscalização Ambiental - Desastre em Mariana - 2015**. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/15/2003-fiscalizacao-ambiental-desastre-em-mariana>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - **Programações Semana do Meio Ambiente 2019**. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/15/1773-programacoes-semana-do-meio-ambiente-2019>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FEITOSA, M. J. da S.; SOUZA, G. F. L. da. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na COOPECAMAREST em Serra Talhada – PE/Solid waste recycling cooperative and its social and environmental benefits: an study in the COOPECAMAREST in Serra Talhada. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade** (ISSN 2318-3233), São Paulo, v. 5, n. 1, p. 18–38, 2015.

FLACH, M. V. et al. Recycling Footwear Industry Waste and Evaluation the Deterioration in Soil. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 6, p. 2178–2192, 2017.

FLACH, M. V.; SEIBT, E.; SCHNEIDER, E. L.; DE LIMA, V.; SOLDI, V.; ROBINSON, L. C.; BIANCHIN, L.; JAHNO, V. D. Reciclagem de Resíduos da Indústria Calçadista e Avaliação da Degradação em Solo. **Revista Virtual de Química**, 2017;9(6):2178 – 2192.

FREITAS, S.S.; NÓBREGA, C.C. Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira. **Eng Sanit Ambient. Paraíba**, v. 19 n.3, p. 293-300, jul/set. 2014.

GUIMARAES, D. P. Resíduos sólidos do município de tefé (amazonas): caracterização do problema e potencial econômico. **Holos Environment**, 15(1), 2015. 35–48 P.

KARPINSKI, L. A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental [on-line]** – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163p

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. 1ed., 162p, São Carlos: Editora RiMa, 2005.

MARTINS, D. F.; BASTOS, J. B. S.; OLIVEIRA, W. R. R. Análise da gestão dos resíduos sólidos gerados no processo de produção e programas de minimização de impactos ambientais de uma indústria de calçados do Estado do Ceará. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, p. 72-85, 2020.

MOHAN, D., PITTMAN, C.U., STEELE, P.H. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. **Energy & fuels** 20(3): p. 848-889, 2008.

MUT, M. M. et al. Circulation of inorganic elements in combustion of alternative fuels in cement plants. **Energy & Fuels**, v. 29, n. 7, p. 4076-4099, 2015.

NAGANO, H.; BEGG, R. K. Shoe-insole technology for injury prevention in walking. **Sensors (Switzerland)**, [S. l.], v. 18, n. 5, 2018.

NEVES, J. A.; COSTA, E. A. B. **Avaliação da utilização de resíduos no coprocessamento em fornos da indústria cimenteira**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - UNINASSAU, [S. l.], 2018.

PENA, A. S.; RODRIGUES, W.F. Urban evolution in Nova Serrana - MG-mg: a space-time analysis between 2009-2019/evolucao urbana da cidade Nova Serrana - MG-mg: uma análise temporo-espacial entre os anos de 2009-2019. **Revista Geográfica Acadêmica**, vol. 14, no. 2, July 2020, pp. 21.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189 f Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.1999.

PROJURIS. **Direito ambiental: conceito, princípios e áreas de atuação**. 2019. Disponível em: < <https://www.projuris.com.br/blog/direito-ambiental/#:~:text=O%20Direito%20Ambiental%20%C3%A9%20um,e%20a%20qualidade%20de%20vida.>>. Acesso em: 5 abril. 2023.

RIBEIRO, D.V.; MORELLI, M. R. **Resíduos Sólidos Problema ou Oportunidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 136 p. ISSN: 978-8571932180

SADIQUL ISLAM, G. M. S.; RAHMAN, M. H.; KAZI, N. Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 6, n. 1, p. 37–44, jun. 2017.

SANTOS, R. F. **Investigação do método de desenvolvimento de calçados no pólo calçadista do Vale do Rio dos Sinos e Paranhama no estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 241 f. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação

de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2008.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos da construção e demolição reciclados em estruturas de solo reforçados**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SILVA, E. R. **Uso do coque de petróleo como combustível nos fornos de calcinação**. Centro Universitário de Formiga, UNIFOR-MG, 2017. Disponível em: https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/523/TCC_ElsonRibeiroSilva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 abr. 2023

SOARES, E. A.; ARAÚJO, G. C. Gestão de resíduos sólidos no processo produtivo: um estudo de caso em uma indústria calçadista. In: **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 171-181, ago./dez, 2016.

SOARES, E. A.; ARAÚJO, G. C. Gestão de resíduos sólidos no processo produtivo: um estudo de caso em uma indústria calçadista. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 171-181, Ago./dez, 2016.

SOARES, E. L. S. F. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 133 f. Dissertação de Mestrado / Programa de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ/COPPE. 2011.

SOTO, G., NÚÑEZ, M. Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus radiata (D. Don), como material aglomerante. **Maderas, Ciencia y Tecnología** 10(2): 129-137, 2008.

SUZIGAN, W. et al. A industria de calçados de Nova Serrana (MG). **Nova Economia**, v. 15, n. 3, p. 97–116, dez. 2005.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. São Paulo: Atlas, 2002. 472 páginas ISBN-10: 8522493820

TARREGA, M. C. V. B.; PÉREZ, H. L. A. **Direito Ambiental e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: RCS, 2007. 456 p. ISBN-10: 8598030384

UNIDO - **UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**. 2022. Disponível em: <<http://www.unido.org/>>. Acesso em: 10 abr. 2023

VIEGAS, C. V.; FRACASSO, E. M. Capacidade tecnológica e gestão de resíduos sólidos industriais: estudo de caso em empresa calçadista do vale dos Sinos. **Revista de administração contemporânea**. Curitiba, v.2 n.2. 1998.

VIEIRA, F. P. A importância da auditoria ambiental para as organizações. **Revista Eletrônica da Facimed**, v.3, n.3, p.266-280, jan/jul.2011.

VIEIRA, T. P. S. **Elementos para a análise dos fundamentos ídeo-teóricos da Política Nacional do Meio Ambiente**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado em SERVIÇO SOCIAL) - Universidade Federal de Sergipe. 2015.

WGLFI - Wastes Generated in the Leather Footwear Industry. In: **14th Session of the Leather and Leather Products Industry Panel**, Czech Republic, 2000. Disponível em: https://leatherpanel.org/sites/default/files/publicationsattachments/leather_waste_recycling1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023

WORLDWATCH INSTITUTE. **Relatório Anual do Worldwatch Institute em direção à uma Sociedade Sustentável**. 2001. Disponível em: <<http://veja.abril.uol.com.br/idade/estacao/veja> >. Acesso em: 10 abr. 2023

YICK, K.; YU, A.; LI, P. Insights into footwear preferences and insole design to improve thermal environment of footwear. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 325–334, 2019.

ANEXO A – PROTOCOLOS UTILIZADOS NA PESQUISA

<p>Documentos Relacionados:</p> <p>BT.LB.01.01 – Procedimento operacional espectrofotômetro DR3900</p>	<p>Aplicação:</p> <p>UVS Essencis Betim</p>
<p>Registros:</p> <p>BT.LB.01.01. A – Certificado de Calibração Interna</p> <p>MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções</p> <p>BT.BL.01.02. B - Controle de Análise Valorização</p> <p>BT.LB.01.05. A – Registro de análise de Cloro</p> <p>BT.LB.01.05. B – Identificação de Amostras UVE</p> <p>BT.LB.01.05.C – Registro de Resultado UVE</p>	<p>Sugestor</p> <p>Regiane Camargos/ Walisson De Freitas</p>
<p>E.P.I. Conforme mapa de risco</p>	<p>Aprovação</p> <p>Mauricio Basso</p>
<p>Objetivo: Determinar o Teor de cloretos em resíduos industriais e blends</p>	
<p>DESCRIÇÃO</p>	
<p>1- INTRODUÇÃO</p> <p>O método de Mohr baseia-se na determinação da concentração do íon cloreto através da titulação com nitrato de Prata cuja concentração é conhecida, usando-se como indicador o cromato de potássio. No ponto final, o primeiro excesso do íon prata reagirá com o indicador ocasionando a precipitação do cromato de prata vermelho. Este método requer uma prova em branco para que se possa corrigir o erro cometido na detecção do ponto final de titulação.</p> <p>2 – EQUIPAMENTOS E MATERIAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erlenmeyer de 250mL - Bureta de 50mL - Proveta de 100mL - Balão Volumétrico de 1000mL - Balão Volumétrico de 100mL - Becker 1000mL - Becker de 100mL - Pipeta Graduada - Pipeta Volumétrica - Funil de Vidro - Papel de Filtro 	

- Papel para Determinação de pH
- Balança Analítica
- Solução Padrão de Cloretos 1000mg/L
- Água Destilada
- NH_4OH
- AgNO_3
- NaCl PA
- NaOH
- H_2SO_4
- K_2CrO_4
- H_2O_2
- Álcool

3 – PREPARO DE SOLUÇÕES:

3.1- Solução de Nitrato de Prata (AgNO_3) 0,0141N:

Diluir 2,395g de AgNO_3 em água destilada e avolumar para 1000mL em balão volumétrico. Manter a solução ao abrigo da luz.

O prazo de validade desta solução é de 3 meses.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.2- Solução Padrão de Cloreto de Sódio (NaCl) 0,0141N:

Pesar aproximadamente 2g de NaCl, secar em estufa a 140°C por um período de 2 horas, deixar esfriar em dessecador; pesar 0,824g de NaCl seco, diluir em aproximadamente 20mL de água destilada, transferir para um balão volumétrico de 1000mL e avolumar com água deionizada. Se necessário ajustar o pH da amostra entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H_2SO_4 1N e papel para determinação de pH.

O prazo de Validade desta solução é de 1 mês.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.3- Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 1N:

Dissolver 40g de NaOH PA em um pouco de água destilada e avolumar para 1000mL em balão volumétrico.

O prazo de validade desta solução é de 3 meses.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.4- Solução de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 1N:

Medir 26,60ml de H₂SO₄ PA e verter, cuidadosamente, em balão volumétrico de 1000mL contendo 500mL de água destilada. Aguardar o sistema atingir temperatura ambiente e completar o volume do balão volumétrico com água destilada. O prazo de validade desta solução é de 3 meses.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.5 - Solução Indicadora de Cromato de Potássio (K₂CrO₄):

Dissolver 50g de K₂CrO₄ em pequena quantidade de água deionizada, adicionar solução de AgNO₃ 0,0141N até que se forme um precipitado vermelho persistente. Deixar a solução em repouso por 12 horas, filtrar e avolumar em balão volumétrico de 1000mL. O prazo de validade desta solução é de 6 meses.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

5 – PROCEDIMENTO**5.1- Padronização da Solução de Nitrato de Prata (AgNO₃) 0,0141N:**

Utilizando uma pipeta volumétrica, pipetar 20ml da solução de NaCl 0,0141N para um erlenmeyer de 250mL, adicionar 4 gotas de indicador K₂CrO₄ e titular com a solução de AgNO₃ 0,0141N até a primeira coloração amarelo tijolo persistente.

O resultado da padronização deve ser registrado no campo “Observação” do formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

5.1.2- Cálculo de Padronização da Solução de Nitrato de Prata:

$$F_c = \frac{V_e}{V_i}$$

Onde:

F_c= Fator de correção;

V_f = Volume gasto de solução de AgNO₃ 0,0141N na titulação;

V_i = Volume de solução de NaCl 0,0141N pipetado para titulação.

5.2- Titulação da Amostra:

Medir em pipeta volumétrica 50mL da amostra após a combustão no calorímetro, verter em um erlenmeyer de 250ml;

Se a amostra apresentar turbidez, filtrar em papel de filtro.

Se a amostra apresentar concentração de sulfeto, sulfito ou tiosulfato, adicionar 1mL de H₂O₂ e agitar a amostra por 1 minuto.

Se necessário ajustar o pH da amostra entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H₂SO₄ 1N e papel para determinação de pH.;

Adicionar 0,5mL de indicador K₂CrO₄;

Titular com AgNO₃ 0,0141N até o surgimento da primeira coloração vermelho tijolo persistente.

Registrar os resultados das amostras no campo "Observação" do formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

5.2.1- Titulação do Branco:

Medir em pipeta volumétrica 50mL de água deionizada, verter em um erlenmeyer de 250ml;

Se necessário ajustar o pH da água entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H₂SO₄ 1N e papel para determinação de pH;

Adicionar 0,5mL de indicador K₂CrO₄;

Titular com AgNO₃ 0,0141N até o surgimento da primeira coloração vermelho tijolo persistente.

Registrar os resultados no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

5.2.2 - Cálculo de Titulação da Amostra:

$$\text{Cl}^- \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) * F_c * 0,0141 * 35450}{V_a}$$

Onde:

A= Volume em mL de AgNO₃ 0,0141N gasto na titulação da amostra

B= Volume em mL de AgNO₃ 0,0141N gasto na titulação do branco

F_c= Fator de correção do AgNO₃ 0,0141N

V_a= Volume da amostra

Cálculo de conversão de mg/L para %:

$$\% \text{ de Cl}^- = \frac{0,25 * R_a * 100}{P_a}$$

Onde:

R_a = Resultado da amostra em mg

P_a = Peso da amostra utilizada na análise de PCI em mg

6- CONTROLE DE QUALIDADE

A cada 10 amostras deve ser realizada a leitura de um Branco. Os resultados devem ser registrados no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

7- EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deverão ser expressos em Porcentagem de Cloreto (% Cl⁻).

DETERMINAÇÃO DE CLORETOS POR ESPECTROFOTÔMETRO

1- INTRODUÇÃO

Este procedimento tem por finalidade a determinação de íons de cloretos por Espectrofotômetro de UV visível, através do método de Tiocianato Mercúrico.

2 – EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- Becker 100mL
- Balão Volumétrico 100mL
- Pipeta Volumétrica
- Provetas
- Cubeta de Quartzo
- Padrão de Cloreto 1000mg/L
- Água Deionizada
- Solução de Tiocianato Mercúrico
- Solução de Íon Férrico
- NaCl PA
- NaOH
- HClO₄
- Papel para determinação de pH
- Papel de Filtro
- Espectrofotômetro
- Balança Analítica

3 – PREPARO DE SOLUÇÕES

3.1 Solução Hidróxido de Sódio (NaOH) 5N:

Dissolver 200g de NaOH PA em água destilada e avolumar para 1000mL em balão volumétrico.

O prazo de validade desta solução é de 3 meses.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.2 Solução de Ácido Perclórico (HClO₄) 1:5:

Medir 200mL de HClO₄ em uma proveta, verter, cuidadosamente, em um balão volumétrico de 1000mL contendo aproximadamente 500mL de água destilada. Aguardar o sistema atingir temperatura ambiente, completar o volume do balão com água destilada.

O prazo de validade desta solução é de 3 meses.

Registrar solução no Formulário BT.LB.01.01B – Registro de Soluções

3.3 Solução Padrão de Cloreto 100mg/L:

Pipetar 10mL da Solução Padrão de Cloreto de 1000mg/L em um balão volumétrico de 100mL e avolumar com água destilada.

O prazo de Validade desta solução é de 1 mês.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.4 Solução Padrão de Verificação 5mg/L

Pipetar 5mL da Solução Padrão de Cloreto de 100mg/L em um balão volumétrico de 100mL e avolumar com água destilada.

O prazo de Validade desta solução é de 1 mês.

Registrar solução no Formulário MG.LB.01.02. A– Registro de Soluções

3.5 Soluções padrão para curva:

Para confeccionar a curva para análise de cloreto, seguir instruções do quadro abaixo:

Concentração Final da Solução Padrão	Volume Pipetado de Solução Estoque 100mg/L	Volume de Água Deionizada	Volume Final da Solução Padrão
0,5 mg/L	0,5mL	99,5mL	100mL
1,0 mg/L	1mL	99,0mL	100mL

3,0 mg/L	3mL	97,0mL	100mL
5,0 mg/L	5mL	95,0mL	100mL
10,0 mg/L	10mL	90,0mL	100mL
15,0 mg/L	15mL	85,0mL	100mL
20,0 mg/L	20mL	80,0mL	100mL
25,0 mg/L	25ml	75,0mL	100mL

Curva válida por 6 meses.

Nota1: As soluções da curva devem ser lidas de acordo com o item 4.2.

O equipamento precisa ser 'zerado' com água deionizada antes de iniciar as leituras das soluções.

Registrar curva no formulário BT.LB.01.01. A – Certificado de Calibração Interna

4– PROCEDIMENTO DE LEITURA

4.1 Leitura do Branco:

Medir com auxílio de pipeta volumétrica 10 mL de água destilada, verter em uma cubeta de análise;

Se necessário ajustar o pH da água entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H₂SO₄ 1N e papel para determinação de pH;

Medir, em pipeta volumétrica, 10mL de água destilada com pH corrigido;

Adicionar 0,8mL de Solução de Tiocianato Mercúrico, homogeneizar;

Adicionar 0,4mL de Solução Íon Férrico, homogeneizar;

Aguardar 2 minutos e levar ao espectrofotômetro para leitura no método de Cloretos, conforme procedimento operacional do Espectrofotômetro BT.LB.01.01.

Registrar no do formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

Nota2: O equipamento deverá ser 'zerado' com água destilada antes de iniciar as leituras.

Nota3: Após a adição do reagente, a presença de cloretos é indicada pelo desenvolvimento de uma coloração alaranjada.

4.2 Leitura da Amostra:

Medir com auxílio de pipeta volumétrica 10mL, da amostra após a combustão no calorímetro, verter em uma cubeta de análise;

Se a amostra apresentar turbidez filtrá-la em papel de filtro;

Se necessário ajustar o pH da amostra entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H₂SO₄ 1N e papel para

determinação de pH;

Medir, em pipeta volumétrica, 10mL da amostra com pH corrigido, verter em um béquer de 100mL;

Adicionar 0,8mL de Solução de Tiocianato Mercúrico, homogeneizar;

Adicionar 0,4mL de Solução Íon Férrico, homogeneizar;

Aguardar 2 minutos e levar ao espectrofotômetro para leitura no método de Cloretos conforme procedimento operacional do Espectrofotômetro BT.LB.01.01.

Registrar os resultados do formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

Nota4: Após a adição do reagente, a presença de cloretos é indicada pelo desenvolvimento de uma coloração alaranjada.

4.3 Leitura Padrão de Verificação:

Medir com auxílio de pipeta volumétrica 10mL de Solução Padrão de Verificação 5mg/L, verter em uma cubeta de análise;

Se necessário ajustar o pH da solução entre 7 e 10 utilizando NaOH 1N, H₂SO₄ 1N e papel para determinação de pH;

Medir, em pipeta volumétrica, 10mL de solução com pH corrigido;

Adicionar 0,8mL de Solução de Tiocianato Mercúrico, homogeneizar;

Adicionar 0,4mL de Solução Íon Férrico, homogeneizar;

Aguardar 2 minutos e levar ao espectrofotômetro para leitura no método de Cloretos, conforme procedimento operacional do Espectrofotômetro BT.LB.01.01.

Registrar os resultados do formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

Nota5: Após a adição do reagente, a presença de cloretos é indicada pelo desenvolvimento de uma coloração alaranjada

5- CÁLCULO:

$$C_R = L_A - L_B$$

Onde:

C_R = Concentração Real

L_A = Leitura da Amostra

L_B = Leitura do Branco

Nota6: Este cálculo deve ser realizado tanto para as amostras, quanto para o Padrão de Verificação.

Cálculo de conversão de mg/L para %:

$$\% \text{ de Cl} = \frac{0,25 * R_a * 100}{P_a}$$

Onde:

R_a = Resultado da amostra em mg

P_a = Peso da amostra utilizada na análise de PCS em mg

6- CONTROLE DE QUALIDADE

A cada 10 amostras deve ser realizada a leitura de um Branco. Os resultados devem ser registrados no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

O Padrão de Verificação deve ser analisado sempre que o equipamento for utilizado para leituras de Cloretos e ao final da calibração deste método. Os resultados devem ser registrados no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização

A recuperação do Padrão de Verificação deve ser de mais ou menos 20%.

7- EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deverão ser expressos em Porcentagem de Cloreto (% Cl).

Documentos Relacionados: BT.LB.01.13 Rev02 – Procedimento Operacional da Balança	Aplicação: UVS Essencis Betim
Registro: BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização BT.LB.01.11. A - Controle de Temperatura da Estufa BT.LB.01.11. B – Registro de Análise de Umidade BT.LB.01.13.A – Registro de Verificação da Balança	Sugestor Suellen Regina Evangelista
E.P.I.: Mapa de Risco	Aprovação Mauricio Basso
Objetivo: Padronizar procedimento para realização das análises.	
DESCRIÇÃO	
<p>DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS E UMIDADE POR INFRA-VERMELHO</p> <p>INTRODUÇÃO O teor de sólidos é obtido a partir do peso constante da massa, seco em temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.</p> <p>APARELHAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> Analisador de umidade por infra-vermelho com temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Prato de alumínio descartável Espátula de aço inox <p>PROCEDIMENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Homogeneizar a amostra; 3.2 Após ter realizado configuração do método e pré-aquecimento do equipamento conforme descrito no BT.LB.01.02 - Procedimento operacional medidor de umidade por infravermelho IV 2500, adicione quantidade de amostra homogênea e suficiente para preencher completamente o fundo do prato de alumínio; 3.3 Selecionar o modo análise de umidade do equipamento indicando o final da análise e quando o mesmo irá realizar a impressão com histórico do desenvolvimento da análise. 3.4 O resultado final é lido diretamente no equipamento, registrar os resultados no BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização 	

4. CÁLCULOS

$$TS = 100 - TU$$

Onde: TS = teor de sólidos na amostra TU = teor de umidade na amostra =Leitura do Equipamento

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE POR GRAVIMETRIA

1. OBJETIVO

A análise gravimétrica é um método analítico quantitativo, cujo processo envolve a separação e pesagem de um elemento ou um composto elemento na forma mais pura possível. Os teores de água retidos por um sólido tende a diminuir com a elevação da temperatura e o decréscimo da umidade da umidade atmosférica. O princípio desta análise, consiste em deixar o material (Blend) em uma estufa com temperatura de 105°C e retirá-lo após um certo tempo, calcula-se a umidade através do peso inicial da amostra (matéria natural) e o peso final (matéria seca).

2. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Balança analítica

Estufa

Prato de alumínio

Blend

Pinça

Dessecador

Termômetro

3. PROCEDIMENTO

3.1. Tarar a balança e colocar o prato de alumínio, deixar estabilizar e anotar seu peso e tarar novamente a balança;

3.2 homogeneizar a amostra de Blend e adicionar no prato de alumínio de forma que a amostra ocupe toda a parte do prato;

3.3 adicionar o prato de alumínio com a amostra na balança, aguardar estabilizar e anotar seu peso.

3.4 verificar se a temperatura da estufa está na temperatura de 105°C ± 0,1 com termômetro;

3.5 Após a verificação de temperatura, inserir o prato com amostra na estufa;

Alteração do nome do formulário BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Co-processamento para BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Valorização. Substituição da palavra deionizada por destilada. **E.P.I.** Conforme mapa de risco

3.6 Deixar a amostra aquecendo por 1 hora;

3.7 após seu aquecimento, retirar da estufa e transferir para dessecador onde a mesma deverá ficar por aproximadamente 40 minutos para que esfrie sem absorver umidade;

3.7 Retirar do dessecador a amostra e efetuar a pesagem da amostra seca, anotar seu peso e fazer os cálculos.

Nota: *Verificar sempre a condição em que a sílica do dessecador se encontra, na cor azul a sílica está em boas condições, quando a mesma se apresenta na cor transparente, remover do dessecador e deixar de um dia para o outro na estufa em temperatura de 100°C até que volte a cor azul.*

4. CÁLCULOS

% umidade = $\frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100$

m_1

Onde:

m_1 = Massa da amostra antes da secagem

m_2 = Massa do conjunto (cadinho calcinado + amostra) antes da secagem

m_3 = Massa do conjunto (cadinho + amostra) após estufa

Nota1: *Para determinar o teor de sólidos subtraia 100 do teor de umidade encontrado, como fórmula a seguir:*

% sólidos = 100 - % umidade

4.1. Ao final da análise registrar os resultados encontrados na rede no seguinte atalho:
Computador/Departamento/Laboratório/LABORATORIO/Amostras avaliadas/UVE/Amostras Avaliadas/
Umidade

DETERMINAÇÃO DE CINZAS POR GRAVIMETRIA / CALORÍMETRO

OBJETIVO

Determinar a porcentagem de cinzas em resíduos industriais e blends.

Alteração do nome do formulário BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Co-processamento para BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Valorização. Substituição da palavra deionizada por destilada. **E.P.I.** Conforme mapa de risco

2. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- Balança analítica
- Capela - Bico de Bunsen
- Chapa de aquecimento
- Mufla - Tripé
- Manta de amianto
- Pinça
- Dessecador
- Cadinho de porcelana

3. PROCEDIMENTO

- preparar previamente o cadinho deixando-o na mufla por 1 hora a 850°C;
- esfriar em dessecador por uma hora e pesar em balança analítica;
- anotar a massa no formulário BT.BL.01.02B -Controle de Análise de Valorização;
- tarar a balança e pesar no cadinho aproximadamente 2,0g de amostra;
- anotar a massa de amostra no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização;
- calcinar a amostra a 850°C por 30 minutos. Retirar da mufla, esfriar em dessecador por 1 hora e pesar;
- anotar a massa do conjunto no formulário BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Valorização;

Nota 1: Para amostras líquidas ou pastosas, recomenda-se a redução de volume em chapa de aquecimento.

Nota 2: Observar a necessidade de realizar a queima prévia da amostra em bico de Bunsen, caso haja risco de ignição dentro da mufla.

CÁLCULOS

$$\% \text{ Cinzas} = m_2 - m_3 \times 100/m_1$$

Onde:

m1 = Massa da amostra antes da calcinação

m2 = Massa do conjunto (cadinho calcinado + amostra) antes da calcinação

m3 = Massa do conjunto (cadinho + amostra) após mufla

CALORÍMETRO: Após a combustão da amostra no calorímetro na análise de PCI (Poder Calorífero Inferior), pesar o cadinho contendo a amostra antes do preparo para determinação do cloro total. Anotar no formulário

BT.BL.01.02. B - Controle de Análise de Co-processamento o peso e calcular o teor de cinzas considerando o

Alteração do nome do formulário BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Co-processamento para BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Valorização. Substituição da palavra deionizada por destilada. **E.P.I.** Conforme mapa de risco

peso do cadinho e da massa, utilizados para a análise de PCI, como descrito abaixo:

$$\% \text{ Cinzas} = (1 - ((m1 - m3))) \times 100/m2$$

Onde:

m1 = Massa do conjunto (amostra + cadinho) antes da queima

m2 = Massa da amostra

m3 = Massa do conjunto (amostra + cadinho) após a queima

Alteração do nome do formulário BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Co-processamento para BT.BL.01.02.B - Controle de Análise de Valorização. Substituição da palavra deionizada por destilada. **E.P.I.** Conforme mapa de risco

Documentos Relacionados: BT.BL.01.01 - Amostragem de resíduos	Aplicação: UVS Essencis Betim
Registros: MG.LB.01.02. A – Registro de Soluções BT.LB.01.07. A – Registro de análise de PCS BT.LB.01.05. B – Identificação de amostras UVE BT.LB.01.05.C – Registro de Resultado UVE BT.LB.01.13. A – Registro de Verificação da Balança BT.LB.01.01.A – Certificado de Calibração Interna	Sugestor Suellen Regina Evangelista
E.P.I.: Conforme mapa de risco	Aprovação Mauricio Basso
Objetivo: Determinar o poder calorífico superior de resíduos industriais e blends.	
DESCRIÇÃO	
<p>1- INTRODUÇÃO:</p> <p>O Poder Calorífico é a quantidade de calor liberada pela combustão completa da unidade de massa ou volume do combustível.</p> <p>2- MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Balão volumétrico - Pipeta volumétrica - Becker - Recipiente de 2L - Pissete - Fio de Algodão - Pinça - Cadinho de Inox - Escovinha de Metal - Suporte para vaso calorimétrico - Balança Analítica - Vaso Calorimétrico - Work Station - Calorímetro AC600 - Compressor - Banho Circulatório de Resfriamento (Julabo) - Água Destilada 	

- Ácido Benzoico
- NaOH
- O₂ 99,9% de pureza

3- PREPARO DE SOLUÇÕES:

3.1- NaOH 4% (Hidróxido de sódio 4%):

Pesar 40g de NaOH - PA;

Dissolver em 200mL de água destilada;

Transferir para um balão de 1000mL e avolumar com água destilada.

Registrar no formulário BT.LB.01.01B – Registro de Soluções.

4- PROCEDIMENTO:

- Antes de iniciar as queimas o equipamento AC600 deve ser calibrado com Ácido Benzoico. É aconselhável efetuar no mínimo duas queimas deste padrão. Os resultados de PCS devem estar de acordo com o valor do padrão utilizado.
 - Preparar a amostra conforme BT.BL.01.01 - Amostragem de resíduos
 - Pesar em balança analítica de 0,5g a 0,7g de amostra de blend a ser analisada em um cadinho;
 - Posicionar o cadinho no suporte da bomba;
 - Amarrar o pavio de algodão no fio de ignição com suas pontas encostadas na amostra contida no cadinho;
 - Inserir 2mL de NaOH 4% nas paredes do copo do vaso calorimétrico;
 - Fixar o suporte no copo do vaso calorimétrico, fechando-a com a tampa manualmente;
 - Posicionar o vaso no engate da válvula do lado direito da estação de trabalho, acionar o botão para pressurização do vaso.
 - Posicionar o vaso no calorímetro, informar a massa pesada e iniciar a queima da amostra,
 - Ao terminar a queima, retirar o vaso do equipamento e posicioná-lo no engate da válvula do lado esquerdo da estação de trabalho para despressurização do mesmo.
 - Abrir a bomba e lavar cuidadosamente todas as partes do interior do vaso, transferindo para um balão de 100 mL, complete o volume do balão e reserve para continuidade das análises.
 - A parte que ficou no cadinho, efetuar a leitura e anotar no formulário o resultado, pois o mesmo é o resultado de cinzas.
 - Antes de iniciar outra leitura lavar o vaso e seus componentes com água destilada.
 - Registrar os resultados no formulário BT.LB.01.27D – Registro de análise de PCS
- Nota: Nunca pesar mais de 1g de amostra.*

5- CÁLCULOS:

Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico (C)

$$C = \frac{Q_{ac} * m + Q1}{\Delta T}$$

ΔT

C= Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico

$Q_{\text{ác}}$ - Calor de combustão do ácido benzoico = J

m - Massa do ácido benzoico (g)

Q₁- Soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/g

Calor de combustão fio de algodão = 50J/g

ΔT - Variação de temperatura (J)

$$\text{PCS(J/g)} = \frac{C \cdot \Delta T - \sum Q}{m}$$

ΔT - Variação de temperatura (J)

m= massa da amostra

Soma das energias Externas ($\sum Q$)

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Q₁- soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/ fioNi/Cr

Calor de combustão fio de algodão = 50J/ fio de algodão

Q₂- Calor de combustão do ácido benzoico = 26,434J/g

Q₃- Calor de combustão da cápsula de aceto butirato = 20092J/g

$$\text{PCS(Kcal/Kg)} = \text{PCS(J/g)} \times 4,186148543$$

6- CONTROLE DE QUALIDADE

O equipamento deve ser calibrado uma vez por semana.

A cada batelada de 10 amostras deve ser realizada uma duplicata de uma das amostras da batelada.

A cada 2 meses o sistema deve ser lavado e a água substituída.

7- EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados de **PCS** deverão ser expressos em cal/Kg. Ao final da análise registrar os resultados encontrados na rede no seguinte atalho: Computador/Departamento/Laboratório/LABORATORIO/Amostras avaliadas/UVE/ABA PCS.

--

ANEXO D Documentos Relacionados: BT.BL.01.01 - Amostragem de resíduos	Aplicação: UVS Essencis Betim
Registros: MG.LB.01.02. A – Registro de Soluções BT.LB.01.07. A – Registro de análise de PCS BT.LB.01.05. B – Identificação de amostras UVE BT.LB.01.05.C – Registro de Resultado UVE BT.LB.01.13. A – Registro de Verificação da Balança BT.LB.01.01.A – Certificado de Calibração Interna	Sugestor Suellen Regina Evangelista
E.P.I.: Conforme mapa de risco	Aprovação Mauricio Basso
Objetivo: Determinar o poder calorífico superior de resíduos industriais e blends.	
DESCRIÇÃO	

6- INTRODUÇÃO:

O Poder Calorífico é a quantidade de calor liberada pela combustão completa da unidade de massa ou volume do combustível.

7- MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:

- Balão volumétrico
- Pipeta volumétrica
- Becker
- Recipiente de 2L
- Pissete
- Fio de Algodão
- Pinça
- Cadinho de Inox
- Escovinha de Metal

- Suporte para vaso calorimétrico
- Balança Analítica
- Vaso Calorimétrico
- Work Station
- Calorímetro AC600
- Compressor
- Banho Circulatório de Resfriamento (Julabo)
- Água Destilada
- Ácido Benzoico
- NaOH
- O₂ 99,9% de pureza

8- PREPARO DE SOLUÇÕES:

3.1- NaOH 4% (Hidróxido de sódio 4%):

Pesar 40g de NaOH - PA;

Dissolver em 200mL de água destilada;

Transferir para um balão de 1000mL e avolumar com água destilada.

Registrar no formulário BT.LB.01.01B – Registro de Soluções.

9- PROCEDIMENTO:

- Antes de iniciar as queimas o equipamento AC600 deve ser calibrado com Ácido Benzoico. É aconselhável efetuar no mínimo duas queimas deste padrão. Os resultados de PCS devem estar de acordo com o valor do padrão utilizado.
- Preparar a amostra conforme BT.BL.01.01 - Amostragem de resíduos
- Pesar em balança analítica de 0,5g a 0,7g de amostra de blend a ser analisada em um cadinho;
- Posicionar o cadinho no suporte da bomba;
- Amarrar o pavio de algodão no fio de ignição com suas pontas encostadas na amostra contida no cadinho;
- Inserir 2mL de NaOH 4% nas paredes do copo do vaso calorimétrico;
- Fixar o suporte no copo do vaso calorimétrico, fechando-a com a tampa manualmente;
- Posicionar o vaso no engate da válvula do lado direito da estação de trabalho, acionar o botão para pressurização do vaso.
- Posicionar o vaso no calorímetro, informar a massa pesada e iniciar a queima da amostra,
- Ao terminar a queima, retirar o vaso do equipamento e posicioná-lo no engate da válvula do lado esquerdo da estação de trabalho para despressurização do mesmo.
- Abrir a bomba e lavar cuidadosamente todas as partes do interior do vaso, transferindo para um balão de 100 mL, complete o volume do balão e reserve para continuidade das análises.
- A parte que ficou no cadinho, efetuar a leitura e anotar no formulário o resultado, pois o mesmo é o resultado de cinzas.

- Antes de iniciar outra leitura lavar o vaso e seus componentes com água destilada.
 - Registrar os resultados no formulário BT.LB.01.27D – Registro de análise de PCS
- Nota: Nunca pesar mais de 1g de amostra.*

10- CÁLCULOS:

Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico (C)

$$C = \frac{Q_{\text{ác}} \cdot m + Q_1}{\Delta T}$$

C= Capacidade de Calor do Sistema Calorimétrico

$Q_{\text{ác}}$ - Calor de combustão do ácido benzoico = J

m - Massa do ácido benzoico (g)

Q_1 - Soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/g

Calor de combustão fio de algodão = 50J/g

ΔT - Variação de temperatura (J)

$$PCS(J/g) = \frac{C \cdot \Delta T - \sum Q}{m}$$

ΔT - Variação de temperatura (J)

m= massa da amostra

Soma das energias Externas ($\sum Q$)

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Q_1 - soma dos calores de combustão do fio Ni/Cr + fio de algodão

Calor de combustão fio Ni/Cr = 30J/ fioNi/Cr

Calor de combustão fio de algodão = 50J/ fio de algodão

Q_2 - Calor de combustão do ácido benzoico = 26,434J/g

Q_3 - Calor de combustão da cápsula de aceto butirato = 20092J/g

$$PCS(Kcal/Kg) = PCS(J/g) \times 4,186148543$$

6- CONTROLE DE QUALIDADE

O equipamento deve ser calibrado uma vez por semana.

A cada batelada de 10 amostras deve ser realizada uma duplicata de uma das amostras da batelada.

A cada 2 meses o sistema deve ser lavado e a água substituída.

7- EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados de **PCS** deverão ser expressos em cal/Kg. Ao final da análise registrar os resultados encontrados na rede no seguinte atalho: Computador/Departamento/Laboratório/LABORATORIO/Amostras avaliadas/UVE/ABA PCS.

MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS



Essa Produção Técnica e Tecnológica (PTT), é fruto da dissertação de Mestrado, intitulada de " RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS DE NOVA SERRANA-MG: ANÁLISE GRAVIMÉTRICA, FINANCEIRA E A VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA", do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG Bambuí, tendo como orientador o prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.

FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2023 MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)

Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ – Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05

Caixa Postal 05 – Bambuí – MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG - Kléber Gonçalves Glória

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Fernando Gomes Braga

DIRETOR GERAL DO IFMG – BAMBUÍ - Rafael Bastos Teixeira

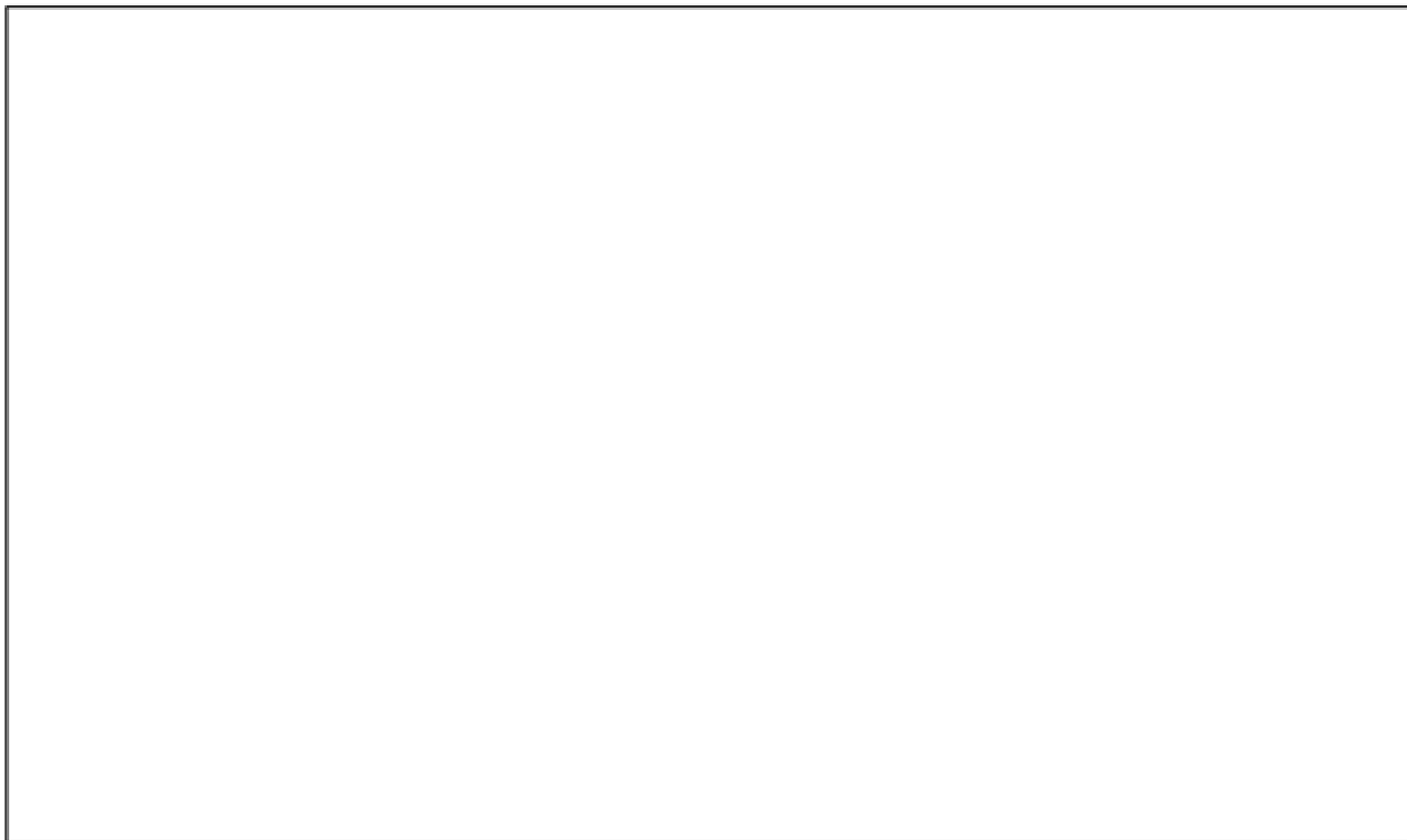
COORDENADOR DO MPSTA – BAMBUÍ - Gustavo Augusto Lacorte

AUTORES

Ana Paula de Mendonça (Mestranda)

Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos (Orientador)

Catálogo - Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí



Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

Sumário

RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTA.....	2
PORQUE DESTINAR OS RESÍDUOS PARA COPROCESSAMENTO?.....	3
LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICÁVEIS.....	4
TIPOS DE RESÍDUOS.....	5
ORIGEM DOS RESÍDUOS.....	15
SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS.....	18
COMO MANIPULAR OS RESÍDUOS.....	19
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS INDÚSTRIAS CALÇADISTAS



Dentre os principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estão o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais, e o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético (BRASIL, 2010).



O Brasil é o quarto maior produtor de calçados do mundo tendo somado, em 2019, 936 milhões de pares (ABICALÇADOS, 2022), o que conseqüentemente levou a geração, em 2016, de mais de 600 toneladas/dia de resíduos industriais (BRASIL, 2020).

PORQUE DESTINAR OS RESÍDUOS PARA COPROCESSAMENTO?

- Converter os resíduos da indústria calçadista em recursos para uso em fornos de cimenteira.
- Reduzir o uso de recursos naturais não renováveis
- Reduzir o desperdício de resíduos que podem ser destinados a outros fins.
- Uso de energia (restaurar o teor de energia residual)

LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICÁVEIS

- Resolução CONAMA 264/99 – Coprocessamento em Fornos de Clínquer.
- Resolução CONAMA 316/02 – Sistemas de Tratamento Térmico dioxinas e furanos.
- Norma técnica CETESB - Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer.
- COSEMA/RS Resolução nº 02 – licenciamento ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer.
- SEMA/RR Resolução nº 054 – Padrões de emissão atmosférica.
- SEMA/RR Resolução nº 076 – Autorização ambiental para coprocessamento de resíduos em fornos de cimento.
- FEAM/MG COPAM – Deliberação Normativa nº 154 – Coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer.
- Lei nº 9.605/1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
- Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- Lei nº 18.031/2009 – Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS).
- Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010 - Regulamenta a Lei 12.305 (02/08/2010).
- Deliberação Normativa COPAM nº 154/2010 - Dispõe sobre o
- Coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer.

TIPOS DE RESÍDUOS

Figura 1 – Amostra de resíduos de curvim sintético



Fonte: lojamagma (2023).

Na figura 1 temos as amostras de curvim sintético que é um tecido de nylon, sarja ou algodão, com espessura grossa e com aspecto rústico, no entanto, tem maior resistência e seu brilho tem uma pequena aparência comparado com o couro, a durabilidade é um pouco mais baixa e pode ser usada para fazer roupas e acessórios (MARTINS; BASTOS; OLIVEIRA, 2020). Geralmente, as peças materiais sintéticas geralmente não duram muito tempo; portanto, considere se vale a pena economizar alguns preços sem depender de projetos de longo prazo. O couro não entra em colapso porque é mais resistente aos medicamentos, mas ao esfregar com outras superfícies, pode usá-lo, e esse atrito é uma matéria-prima natural, por isso não é entendido como defeitos (DE MELO et al., 2004).

CURVIM

Figura 2 – Amostra de Resíduos de Curvim.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)

Uma das principais vantagens dos tecidos como o curvim para calçados é o baixo custo de fabricação e o menor impacto ambiental. Além disso, é um material de fácil manuseio que pode ser utilizado na confecção de calçados com *designs* modernos e inovadores, disponíveis em diversas cores e estampas (Figura 2) (BLAGA et al., 2015). Curvim é um tecido feito de fibras de polímeros sintéticos projetado para imitar o couro animal, o mais próximo do couro tradicional em textura e aparência. É também uma alternativa ecológica, já que seu processo ocorre inteiramente em laboratório (BREDA, 2016). Os materiais couro, recouro, couraça seca são todos da mesma origem do curvim.

CRISTAL DE PVC

Figura 3 – Amostra de resíduos de apliques cristal de PVC.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)



Fonte: lojamagma (2023).

Na figura 3 encontram-se resíduos de apliques cristal de PVC. Segundo a Associação Brasileira de Calçados (ABICALÇADOS, 2022), a principal característica do PVC é que ele pode ser adicionado de diversas formas para produzir diferentes efeitos. A versatilidade do PVC é um diferencial e, como tal, este produto oferece as características perfeitas para as propriedades (resistência à água, variedade de cores, resistência à abrasão, ductilidade, resistência a baixas temperaturas, etc.) necessárias para botas de chuva, botas refrigeradas, calçados de segurança etc) (ABICALÇADOS, 2022).

Figura 4 – Amostra de Resíduos de solá de PVC.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)



Fonte: lojamagma (2023).

PVC

Devido à sua natureza química, o PVC contém 57% dos ingredientes sal marinho, uma fonte inesgotável na natureza, o que o diferencia de outros polímeros. Ele também explicou que é uma resina não tóxica, o que permite que seja usada em aplicações sensíveis, como produtos farmacêuticos, bolsas de soro e sangue ou embalagens de alimentos. O PVC é 100% reciclável e, como 70% do PVC é usado para aplicações de longo prazo (50 a 100 anos), é um material raramente encontrado no lixo (Figura 4).

TUBOX

Figura 5 – Amostra de Resíduos de Tubox.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)



Fonte: lojamagma (2023).

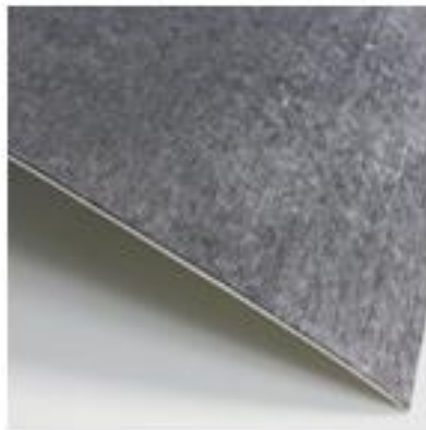
Na figura 5 encontram-se os resíduos de tubox. O tubox é uma folha de plástico reciclável sustentável e econômica feita de materiais compósitos (também conhecidos como polímeros híbridos) que acabam em aterros sanitários e são difíceis de reciclar (NAGANO; BEGG, 2018). O material da palmilha deve ter propriedades de equilíbrio suficientes para ser macio o suficiente para absorver o impacto do pé, firme o suficiente para não cair até que o impacto do calcanhar seja totalmente absorvido e flexível o suficiente para suportar o movimento. Dentre os atributos da transpiração, o calor e a umidade causam alto grau de desconforto devido ao contato direto da palmilha com o pé (YICK; YU; LI, 2019).

MATERIAL PLÁSTICO

Figura 6 – Amostra de Resíduos de Plástico



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022).



Fonte: lojamagma (2023)

A figura 6 apresenta resíduos de plástico. O plástico é produzido em 3 etapas, através do processo úmido do material plástico; apesar de ser o tipo mais barato, tem grandes possibilidades de acabamentos, porém, possui um toque mais duro e menor permeabilidade ao ar em comparação com as propriedades do poliuretano e permeabilidade à umidade (DREGER et al., 2018). São também da mesma origem a entretela e o nylon.

Figura 7 – Amostra de Resíduos de Camurça.



Fonte: De Mendonça, A.P. (2022)



Fonte: tecidos.com.pt/

CAMURÇA

Na figura 7 estão os resíduos de camurça. A camurça pode ser pensada como o inverso do couro, ou seja, é a parte de fora da pele, lavada e lixada até atingir aquela textura conhecida que mistura maciez com um ar mais rústico, como cobrir os cabelos. Este tecido é comumente usado em botas, mocassins, jaquetas, bolsas e mochilas. Os resíduos de EVA entram nesta origem também.

EMBALAGENS DE COLA

Figura 8: aplicação da cola nos calçados



Fonte: <https://quimicolla.com.br/>



Fonte: amazonas.com.br

Os resíduos de embalagens de cola (latas) devem ser armazenados temporariamente no depósito da empresa e, em seguida, enviados de volta para a empresa-mãe. As propriedades da cola podem causar irritação na pele, vias respiratórias, olhos e causar dores de cabeça nos funcionários. Nesse sentido, é importante adequar o sistema de exaustão a essa atividade de processo, principalmente o uso de máscaras e luvas, além de itens repassados pela empresa (AMAZONAS, 2010) (Figura 8).

ESPUMA

Figura 9: Resíduos de espuma.



Fonte: <https://www.mfrural.com.br/>

Na figura 9 estão os resíduos de espuma. Na pré-fabricação, são feitas todas as partes da sola do sapato, incluindo solado, palmilha, reforços e biqueiras. Aparas de couro e espuma são os principais resíduos dessa etapa (ZORN; POSSA; SCHERER, 2007).

PAPEL

Figura 10: Resíduos de papel.



Fonte: <https://aparasmacedo.com.br/>

A montagem é o processo de juntar a parte superior e a sola. O acabamento inclui então o processo de acabamento do sapato; Inclui limpeza, pintura, aplicação de cremes e posterior escovagem. Por fim, os calçados são verificados antes de serem embalados para envio, caso ocorra algum erro durante o processo de produção. Os principais resíduos desses processos são latas de cola e papel (ZORN; POSSA; SCHERER, 2007) (Figura 10).

ORIGEM DOS RESÍDUOS

ESG (Ambiental, Social e Governança) corresponde às práticas ambientais, sociais e de governança de uma organização. Este tema está cada vez mais inerente à economia, às organizações e até à gestão de investimentos em todo o mundo. No entanto, a mudança no comportamento do consumidor também estimulou a integração de fatores ESG nos investimentos e atividades das empresas (ABICALÇADOS, 2022).

Em 2020, os investimentos sustentáveis e responsáveis nos principais mercados financeiros globais totalizaram US\$ 35,3 trilhões, representando 36% de todos os ativos geridos profissionalmente nos mercados financeiros dos Estados Unidos, Canadá, Japão, Ásia e Europa (*Global Alliance for Sustainable Investment - GSIA*). A indústria brasileira de calçados está alinhada com as práticas ESG. Para promover a sustentabilidade na cadeia calçadista, fomos pioneiros na única certificação ESG e de sustentabilidade do mundo para empresas produtoras de calçados e insumos para calçados: Origem Sustentável (ABICALÇADOS, 2022).

No processo produtivo das indústrias calçadistas, têm-se: modelagem; classificação dos componentes do calçado; corte e reduções; preparação e costura; montagem; acabamento; verificação e expedição (SANTOS, 2008)

Na fabricação de calçados são utilizados 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 (WGLFI, 2000).

Ações estratégicas e operacionais são usadas em todos os setores com a implantação dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) a fim de diminuir a degradação do meio ambiente, aumentar a eficiência energética e das etapas de produção, melhorando o desempenho ambiental e beneficiando a imagem da empresa adotante perante a sociedade (CAMPO; MELO, 2008).

Destacamos a seguir algumas informações relevantes acerca da indústria calçadista brasileira, conforme pesquisa realizada pela Abicalçados em 2022:

- 87% das empresas tem um trabalho de destinação ambientalmente adequada dos resíduos de forma completa ou parcial
- 60% das empresas declaram realizar iniciativas de ecodesign em seus produtos
- 48% das empresas consomem energia elétrica 100% oriunda de fontes renováveis, como a partir do Ambiente de Contratação Livre (mercado livre) ou autogeração (fotovoltaica, eólica, etc.)
- 73% das empresas executam o controle das substâncias restritas
- 61% da produção está vinculada a empresas que realizam pesquisa de materialidade e

publicam relatórios de sustentabilidade de acordo com padrões internacionais

- 56% da produção está vinculada a empresas que realizam inventário de emissões de gases

As emissões de CO₂ por dólar do PIB são seis vezes menores que as do Vietnã, quatro vezes menores que as da China e duas vezes menores que as da Indonésia. Ainda é metade da média mundial. Em comparação com o maior produtor mundial de calçados, o Brasil tem a maior participação de energia renovável no consumo de energia. 47,1% do consumo de eletricidade do Brasil vem de fontes renováveis (eólica, hídrica, solar etc.). Na China, a taxa de utilização de energia renovável é de apenas 13,1% (BANCO MUNDIAL, 2018).

SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS

De acordo com a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) a classificação dos resíduos sólidos é subdividida em relação a sua composição e os impactos à saúde e ao meio ambiente que essas substâncias podem gerar. Apresentados nos seguintes grupos:

1) Resíduos de Classe I: perigosos;

Essa classe de resíduo em função das suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

2) Resíduos de Classe II: não perigosos, subdivididos em dois grupos:

3) Resíduos de Classe II A: não inertes.

Sendo eles biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Exemplo: Madeira, materiais têxteis, papel, papelão e bagaço de cana.

4) Resíduos de Classe II B: inertes.

Caracterizados por não serem solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006. Exemplos: Ferro, cobre, manganês, prata e mercúrio.

COMO MANIPULAR OS RESÍDUOS

O Equipamento de Proteção Individual (EPI) deve ser utilizado quando o indivíduo se encontra exposto a um material ou funções que parecem apresentar dano físico ao trabalhador. Os tipos de EPI estão diretamente vinculados de acordo com a atividade desenvolvida do indivíduo, devendo possuir registro no Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). De acordo com a NR 06, todo EPI composto por vários dispositivos, é um equipamento conjugado de proteção individual (BRASIL, 2012).

Figura 8 – Equipamentos de Proteção Individual



Fonte: [segurancaesaudetestes](http://segurancaesaudetestes.com.br) (2020)

Destarte, o fabricante associa diversos sistemas com o objetivo de proteger o trabalhador contra um ou mais riscos que possam existir ao mesmo tempo, expondo a segurança e a saúde do indivíduo (GONÇALVES FILHO; RAMOS, 2015). Alicerçado por esta concepção, Amaral (2013) assegura que investimentos em equipamentos e treinamentos permitem minimizar custos, reduzir os riscos de exposição de funcionários devido o grau de insegurança nesta atividade.

Figura 9 – Equipamentos de Proteção Individual



Fonte: assufba.org.br (2023)

É oportuno registrar que a legislação que trata do de EPIs no âmbito da segurança e saúde do trabalhador é estabelecida pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Neste contexto, a Lei nº 6514 de dezembro de 1977, em seu capítulo V, estabelece a regulamentação de segurança e

medicina no trabalho, dado que na seção IV deste capítulo é definida a obrigatoriedade da empresa em fornecer o EPI gratuitamente ao trabalhador, onde o mesmo deve possuir o Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) conforme os artigos 166 e 167 do ordenamento: artigo 166: A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, equipamentos de proteção individual adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes e danos à saúde dos empregados. Artigo 167: O equipamento de proteção só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração intensiva dos recursos naturais e o consumo excessivo de produtos naturais tomam o homem vítima de seu próprio modelo de consumismo. Devido ao impacto da produção industrial, resíduos são gerados e a poluição aumenta, o que significa ações para reduzir o impacto ambiental. Uma série de mudanças no micro e macroambiente afeta a gestão das organizações, que precisa estar envolvida no planejamento estratégico corporativo para se adequar às novas tendências globais a fim de atender consumidores que preferem os produtos certos.

Os resíduos sólidos representam um grande problema socioambiental na atualidade devido a sua destinação inadequada frequente, ato que gera impactos ambientais e oferece riscos importantes à saúde humana. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, resíduo sólido é definido como qualquer material, substância ou objeto, que é descartado resultante de atividades humanas.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS. **Relatório setorial: Indústria de calçados do Brasil**, 2022 Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. Novo Hamburgo: Abicalçados, 2022

AMARAL, A. G. do. **Segurança no trabalho: EPIS na construção civil**. Rev. Ciênc. Empresa. UNIPAR, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 231-257, jul./dez. 2013.

BANCO MUNDIAL. **Carbon Pricing Leadership Report**. 2019. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/567161559579098882/2018-2019-Carbon-PricingLeadership-Report>> Acesso em: 10 abr. 2023.

BLAGA, M.; CIOBANU, A. R.; MARMARALI, A.; ERTEKIN, G.; ÇELIK, P. Investigation of the physical and thermal comfort characteristics of knitted fabrics used for shoe linings. **Tekstil ve Konfeksiyon**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 111–118, 2015.

BRASIL. **NR 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Disponível em: http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06_.pdf. Acesso em: 01 maio. 2023

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305**. 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2023.

BREDA, F. A. **Proposta de um modelo de gestão de resíduos industriais para o setor calçadista de Franca-SP com vistas à Política Nacional de Resíduos**. 2016. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-12072016-105138/pt-br.php#:~:text=Países como Alemanha e Estados,desde os anos 1970.&text=Dessaforma%2C o objetivo desta,Política Nacional de Resíduos Sólidos.>

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. In: **Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. - **NORMA TÉCNICA P4.263. Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer**. 19 p. Dez/2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n.º 03, de 28 de junho de 1999**. Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Diário Oficial da União, Brasília, 22 ago 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Nº 307**. Brasília, 2002.

DREGER, A. A.; BARBOSA, L. A.; SANTANA, R. M. C.; SCHNEIDER, E. L.; MORISSO, F. D. P. Caracterização mecânica e morfológica de solados produzidos com resíduos de laminados de PVC da indústria calçadista. **Revista Materia**, [S. l.], v. 23, n. 1, 2018.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - **Fiscalização Ambiental - Desastre em Mariana - 2015**. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/15/2003-fiscalizacao-ambiental-desastre-em-mariana>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - **Programações Semana do Meio Ambiente 2019**. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/15/1773-programacoes-semana-do-meio-ambiente-2019>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GONÇALVES FILHO, Aparecida Pereira.; RAMOS, Maria de Fátima. **Accident at work in production systems: approach and prevention**. *Manage Prod* 22(2):431– 442 2015.

MARTINS, D. F.; BASTOS, J. B. S.; OLIVEIRA, W. R. R. Análise da gestão dos resíduos sólidos gerados no processo de produção e programas de minimização de impactos ambientais de uma indústria de calçados do Estado do Ceará. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, p. 72-85, 2020.

NAGANO, H.; BEGG, R. K. Shoe-insole technology for injury prevention in walking. **Sensors (Switzerland)**, [S. l.], v. 18, n. 5, 2018.

SANTOS, R. F. **Investigação do método de desenvolvimento de calçados no pólo calçadista do Vale do Rio dos Sinos e Paranhama no estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 241 f. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2008.

YICK, K.; YU, A.; LI, P. Insights into footwear preferences and insole design to improve thermal environment of footwear. **International Journal of Fashion Design, Technology and Education**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 325–334, 2019. **lho: um instrumento para uma melhoria contínua**. Brasília, 2011. (Cartilha).

~~~~~