



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
CENTRO TECNOLÓGICO (CTC)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE
MATERIAIS (PGMAT)

Cristine Grasselli Carraro

Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais em Santa Catarina a partir de
Manifestos de Transporte de Resíduos Visando sua Disposição Final

Florianópolis, SC

2025

Cristine Grasselli Carraro

Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais em Santa Catarina a partir de
Manifestos de Transporte de Resíduos Visando sua Disposição Final

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Engenharia de Materiais da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito parcial para a obtenção do título de
Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Dachamir Hotza

Florianópolis, SC.

2025

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Grasselli Carraro, Cristine

Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais em Santa Catarina a partir de Manifestos de Transporte de Resíduos Visando sua Disposição Final / Cristine Grasselli Carraro ; orientador, Dachamir Hotza, 2025.

172 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciência e Engenharia de Materiais. 2. resíduos sólidos industriais . 3. reciclagem. 4. economia circular. 5. Santa Catarina. I. Hotza, Dachamir. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. III. Título.

Cristine Grasselli Carraro

Título: Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais em Santa Catarina a partir de Manifestos de Transporte de Resíduos Visando sua Disposição Final

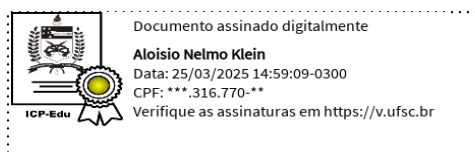
O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 6 de março de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Fabiano Raupp Pereira, Dr.
UNESC

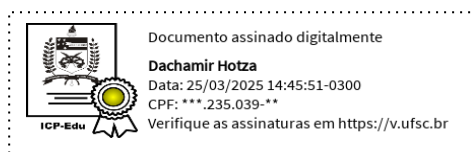
Prof. Lisandro Simão, Dr.
UNAERP

Prof. Luciano Senff, Dr.
UFSC-JOI

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais



Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais



Prof. Dachamir Hotza, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2025.

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque é preciso acreditar em uma força maior, é preciso ter fé.

Ao meu professor Dr. Dachamir Hotza, pela dedicação e disponibilidade em me orientar, incentivar e motivar.

À minha família, em especial aos meus pais, que nunca imaginaram ou esperaram um momento como este, talvez até por um pouco de desconhecimento.

Ao meu marido e meus filhos, que provavelmente sem ter muito conhecimento da importância e valor que tudo isso tem, fizeram sua parte e deram suas contribuições da melhor forma que puderam. A todos o meu amor, carinho, respeito e lealdade.

Ao Rogério Campos, sempre muito solícito, atencioso e dedicado para atender nossos pedidos, tirar nossas dúvidas e nos acalmar em momentos de aflição sempre nos ajudando.

Às minhas amigas que fiz durante o curso e com quem muito nos ajudamos e incentivamos para manter o foco e a disciplina, Gabriela Favero e Letícia de Souza, minha gratidão para sempre.

Menor que meu sonho não posso ser.

(BELL, Lindolf. Poema do Andarilho, 1962)

“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

(LAVOISIER, Antoine-Laurent de)

RESUMO

Para contribuir com melhorias na gestão de resíduos e promover o desenvolvimento sustentável, é essencial compreender as causas das quantidades de resíduos gerados e coletados. Essa identificação permite fomentar práticas adequadas de destinação, reduzindo o envio de resíduos aos aterros sanitários e incentivando a cultura da economia circular. Nesse modelo, os resíduos são reintegrados ao ciclo produtivo, contribuindo para a redução do desperdício e o uso mais eficiente dos recursos naturais.

Neste contexto, foram analisados os dados de geração e destinação de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina, no período de 2020 a 2021. A base da análise foram os Manifestos de Transporte de Resíduos e Rejeitos (MTRs) emitidos pelas empresas, cujos dados foram extraídos de relatórios oficiais do Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA/SC). Adotou-se como critério de seleção os resíduos de materiais inorgânicos não metálicos gerados em volumes iguais ou superiores a 100 toneladas por ano.

A análise contemplou também a estimativa das emissões de CO₂ equivalente associadas ao transporte dos resíduos entre as diferentes regiões do estado. Consideraram-se, para isso, fatores como distância percorrida, tipo de caminhão utilizado, volume transportado, consumo de combustível, além de custos relacionados à depreciação e encargos do serviço. Essa abordagem destaca a relevância de incorporar a avaliação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) como parte integrante dos processos de gestão de resíduos.

A legislação exige que cada movimentação de resíduos seja registrada em um MTR digital, detalhando o gerador, transportador e destinatário do resíduo, estes revelaram que as regiões de Blumenau, Criciúma e Joinville são as principais geradoras de resíduos, com significativa parte dos materiais destinados a aterros. Blumenau se destaca na geração de lodos de processos têxteis, enquanto Criciúma e Joinville produzem grandes quantidades de areia de fundição, oriundas de processos metalúrgicos.

Identificou-se um potencial significativo para a reutilização dos materiais analisados, com destaque para a areia de fundição (ADF). Propõe-se seu aproveitamento em processos cerâmicos como substituto da matéria-prima proveniente de jazidas de quartzo, contribuindo para a redução da extração de recursos naturais e a minimização da pegada de carbono associada à cadeia produtiva.

Além disso, foram levantados estudos de caso que demonstram aplicações da ADF na construção civil, incluindo sua utilização na produção de argamassas, blocos de vedação, concretos e em obras de pavimentação, reforçando a viabilidade técnica e ambiental dessa alternativa.

Os resultados obtidos estão sendo disponibilizados ao público e aos profissionais dos setores produtivos e ambientais envolvidos, com o objetivo de incentivar a reciclagem e a reutilização dos resíduos industriais, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos em Santa Catarina.

Palavras-chave: resíduos sólidos industriais, reciclagem, economia circular, Santa Catarina.

ABSTRACT

To support improvements in waste management and promote sustainable development, it is essential to understand the causes behind the amounts of waste generated and collected. Identifying these factors enables the adoption of appropriate disposal practices, reducing the volume of waste sent to landfills and encouraging a culture of circular economy. In this model, waste is reintegrated into the production cycle, contributing to the reduction of waste and the more efficient use of natural resources.

In this context, data on the generation and destination of industrial solid waste in Santa Catarina were analyzed for the period from 2020 to 2021. The analysis was based on the Waste Transport Manifests (MTRs) issued by companies, with data extracted from official reports published by the Environmental Institute of the State of Santa Catarina (IMA/SC). The study focused on non-metallic inorganic materials generated in volumes equal to or greater than 100 tons per year.

The analysis also included an estimate of the CO₂-equivalent emissions associated with transporting waste between different regions of the state. Factors considered included distance traveled, type of truck used, amount of material transported, fuel consumption, as well as depreciation and service-related charges. This approach highlights the importance of including greenhouse gas (GHG) emissions assessments as an integral part of waste management processes.

Legislation requires that each waste movement be recorded in a digital MTR, detailing the waste generator, transporter, and recipient. The data revealed that the regions of Blumenau, Criciúma, and Joinville are the main waste-generating areas, with a significant portion of the materials being sent to landfills. Blumenau stands out for the generation of sludge from textile processes, while Criciúma and Joinville produce large quantities of foundry sand from metallurgical processes.

A significant potential for the reuse of the analyzed materials was identified, especially for foundry sand (ADF). Its use is proposed in ceramic processes as a substitute for raw materials sourced from quartz deposits, which could reduce the extraction of natural resources and minimize the carbon footprint of the production chain.

Additionally, case studies were identified demonstrating the application of ADF in the construction sector, including its use in the production of mortar, sealing blocks, concrete, and paving, further supporting the technical and environmental viability of this alternative.

The results of this study are being made available to the public and professionals in the relevant production and environmental sectors, with the goal of encouraging the recycling and reuse of industrial waste and promoting more efficient and sustainable resource management in the state of Santa Catarina.

Keywords: industrial solid waste, recycling, circular economy, Santa Catarina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.	25
Figura 2 - Fluxo das propostas de atos do CONAMA.	34
Figura 3 - Especificação do código para resíduos.....	37
Figura 4 - Fluxo de entradas e saídas de material no processo industrial do aço.....	43
Figura 5 - Geração de coprodutos e resíduos por tipo no ano de 2021.	43
Figura 6 - Coprocessamento na hierarquia dos resíduos.....	48
Figura 7 – Mercado brasileiro de aplicação da cal.	49
Figura 8 - Coleta de resíduos da construção civil pelas regiões do Brasil em 2021..	54
Figura 9 - Total de municípios atendidos por tipo de unidade de disposição final. ...	58
Figura 10 – Mapa de Santa Catarina com a distribuição das 6 mesorregiões e cidades representativas.....	70
Figura 11 – Organograma das Regiões de Santa Catarina, cidades e atividades econômicas principais.	71
Figura 12 -Modelo de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR).	81
Figura 13 - Modelo de Certificado de Destinação Final (CDF).	83
Figura 14 – Distribuição de Regionais de acordo com IMA de Santa Catarina.	85
Figura 15- Total de resíduos gerados em cada coordenadoria regional no período de 2020 a 2021, de acordo como a Curva ABC.....	87
Figura 16 - Tipos de resíduos e rejeitos gerados no Estado de Santa Catarina no período de 2020 a 2021.	89
Figura 17 - Quantidade de resíduos conforme tecnologia de destinação final (%), entre 2020 e 2021 em Santa Catarina.....	90
Figura 18 - Quantidades de resíduos encaminhados para aterros e reciclagem entre 2020 e 2021 em Santa Catarina.....	91
Figura 19 - Quantidade de resíduos destinados para aterro e reciclagem de acordo com a atividade econômica.	92
Figura 20 – Quadro quantitativo de empresas no estado de Santa Catarina de acordo com a atividade econômica.	94
Figura 21 - Quantidade de resíduos gerados por Coordenadoria Regional no estado de Santa Catarina.	95
Figura 22 – Quantidade de empresas por Coordenadoria Regional em Santa Catarina.	95

Figura 23 – Tipos de resíduos gerados na CR Blumenau (%).	97
Figura 24 – Destino final do resíduo na CR de Blumenau (%).	97
Figura 25 – Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Blumenau.	98
Figura 26 – Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE.....	99
Figura 27 – Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Blumenau.	100
Figura 28 – Tipos de resíduos gerados CR Criciúma (%).	101
Figura 29 – Destino final do resíduo na CR de Criciúma.	102
Figura 30 – Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Criciúma.	104
Figura 31 – Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE, CR B Criciúma.	104
Figura 32 – Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Criciúma.	105
Figura 33 - Tipos de resíduos gerados CR Joinville (%).	105
Figura 34 – Destino final do resíduo na CR de Joinville.....	106
Figura 35 - Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Joinville.....	107
Figura 36 - Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE, CR Joinville.	109
Figura 37 - Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Joinville.	110
Figura 38 – Mapa de Santa Catarina, localização de Blumenau, Criciúma e Joinville.	111
Figura 39 - Fluxograma no processo de fundição.	113
Figura 40 – Esquema básico de uma fundição.	115
Figura 41 – Processo de modelagem para fundição em areia.	115
Figura 42 – Imagem de uma caixa de moldagem para molde confeccionado em areia	117
Figura 43 - Fluxograma genérico de processamento cerâmico.....	125
Figura 44 - Fluxograma alternativo do processamento cerâmico.....	126
Figura 45 - Louças não queimadas empilhadas em carrinhos de forno antes da queima.	128

Figura 46 - Louças entrando em um forno.	129
Figura 47 – Fluxograma de fabricação de vidros.	130
Figura 48 – Produção dos blocos de construção com ADF.	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de resíduos de acordo como as cores.	36
Tabela 2 – Comparativo de emissão de CO ₂ na indústria de cimento no ano de 2019.	47
Tabela 3-Potencial de Aquecimento Global (PAG), equivalência de CO ₂ para outros gases de efeito estufa.	66
Tabela 4 - Exemplo de comunicação das emissões de Gases de Efeito Estufa.	67
Tabela 5 - Fator de emissão do veículo indicando sua pegada por quilômetro rodado e tonelada transportada.	69
Tabela 6 - Carregamentos médios usualmente transportadas por veículos de carga.	69
Tabela 7 –Legenda com as nomenclaturas das regionais e cidade sede.	86
Tabela 8 – Identificação dos resíduos conforme atividade econômica, descrição de resíduo e coordenadoria regional de origem.	112
Tabela 9 – Produção de fundidos (em toneladas) no Brasil (2021-2022), por tipo de metal.	120
Tabela 10 – Produção de fundidos (em toneladas) no Brasil (2021-2022), por região.	120
Tabela 11 – Quantidade de CO ₂ eq, para dois tipos de transporte terrestre e distâncias entre Joinville e Criciúma e somente dentro do município de Criciúma.	136
Tabela 12 - Valor de cada frente entre as regiões de Joinville e Criciúma, considerando o uso de caminhão articulado e encargos sociais aplicados.	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABEAÇO	Associação Brasileira de Embalagem de Aço
ABIFA	Associação Brasileira de Fundição
ABIOGÁS	Associação Brasileira da Indústria do Biogás
ABIPET	Associação Brasileira da Indústria do PET
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABIVIDRO	Associação Brasileira das Indústrias de Vidro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ADF	Areia Descartada de Fundição
AFOLU	Agricultura, Floresta e Outros Usos da terra
APCAL	Associação Brasileira de Produtores de Cal
ASR	<i>Automobile Shredding Residue</i>
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
BPF	Baixo Ponto de Fluidez
CDF	Certificado de Destinação Final
CDR	Remoção de Dióxido de Carbono
CTB	Ciência e Tecnologia da Borracha
CTF	Cadastro Técnico Federal
CNEM	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COMAR	Consórcio Público Multifinalitário do Alto Rio Pardo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina.
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono Equivalente
CPAD	Central de processamento, armazenamento e destinação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DOU	Diário Oficial da União

ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FATMA	Fundação do Meio Ambiente [de Santa Catarina]
FIESC	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
GAP	Grupo de Acompanhamento de Performance
GCCA	<i>Global Cement and Concrete Association</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
<i>GHG Protocol</i>	<i>Greenhouse Gases Protocol</i>
GT	Grupo de Trabalho
IBA	Indústria Brasileira de Árvores.
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBER	Instituto Brasileiro de Energia Reciclável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto de Brasileiro de Mineração
IMA	Instituto do Meio Ambiente [de Santa Catarina]
inpeV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
IQSC	Instituto de Química de São Carlos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduo
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OCP	Observatório de Contratação Pública
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OLUC	Óleo lubrificante usado ou contaminado
PAE	Pó de Aciaria Elétrica
PERS	Planos Estaduais de Resíduos Sólidos
PET	Polietileno Tereftalato

PIB	Produto Interno Bruto
P+L	Produção Mais Limpa
PH	Potencial Hidrogeniônico
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNBB	Programa Nacional de Biogás e Biometano
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PVB	Polivinilbutiral
RASP	Resíduos Agrossilvopastoris
RSU	Resíduo Sólido Urbano
RSI	Resíduo Sólido Industrial
RSS	Resíduo Sólido de Saúde
SDA	Sistema de Defesa Agropecuária
SEAC	Sindicato das Empresas de Asseio e Conservação no Estado de São Paulo
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINDIGESSO	Sindicato da Indústria de Gesso
SINEPE	Sindicato dos Estabelecimentos Particulares de Ensino do Estado do Paraná
SINIC	Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento
SINIMA	Sistema Nacional de Informação de Meio Ambiente
SINIR	Sistema Nacional de Informação sobre Gestão do Resíduo Sólido
SINIS	Sistema Nacional de Informações em Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo
UTEP	Usina de Tratamento Ecológico de Pneus

VFV	Veículos em Fim de Vida
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
2	JUSTIFICATIVA	25
3	OBJETIVOS.....	28
3.1	OBJETIVO GERAL	28
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
4.1	DEFINIÇÕES DE RESÍDUOS.....	29
4.2	DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 30	
4.3	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS	32
4.3.1	Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras (01)	37
4.3.2	Resíduos do processamento de papel e celulose (03)	38
4.3.3	Resíduos da indústria têxtil (04)	39
4.3.4	Resíduos da refinação de petróleo (05)	39
4.3.5	Resíduos de processos químicos inorgânicos (06).....	40
4.3.5.1	<i>Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de produtos e processos químicos do fósforo (06 09)</i>	<i>40</i>
4.3.5.2	<i>Resíduos da fabricação de pigmentos inorgânicos e opacificantes (06 11)</i>	<i>40</i>
4.3.6	Resíduos de processos químicos orgânicos (07).....	41
4.3.6.1	<i>Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de plásticos, borracha e fibras sintéticas (07 02)</i>	<i>41</i>
4.3.7	Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de revestimentos (08).....	41
4.3.8	Resíduos de processos térmicos (10).....	42
4.3.8.1	<i>Resíduos da indústria do ferro e do aço (10 02)</i>	<i>42</i>
4.3.8.2	<i>Resíduos da pirometalurgia do alumínio (10 03), do zinco (10 05), Resíduos da pirometalurgia do cobre (10 06), da prata, do ouro e da platina: (10 07), outros metais não ferrosos (10 08).....</i>	<i>44</i>
4.3.8.3	<i>Resíduos da fundição de peças ferrosas (10 09) e de peças não ferrosas (10 10)</i>	<i>45</i>
4.3.8.4	<i>Resíduos da fabricação do vidro e de produtos de vidro (10 11) e fabricação de peças cerâmicas, tijolos, ladrilhos, telhas e produtos de construção (10 12)</i>	<i>46</i>

4.3.8.5	<i>Resíduos da fabricação de cimento, cal e gesso e de artigos e produtos fabricados a partir deles (10 13)</i>	47
4.3.9	Resíduos de tratamentos químicos e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos (11)	50
4.3.9.1	<i>Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais (11 01)</i>	50
4.3.9.2	<i>Resíduos de processos hidrometalúrgicos de metais não ferrosos (11 02)</i>	51
4.3.9.3	<i>Resíduos de processos de galvanização a quente (11 05)</i>	51
4.3.10	Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos (12)	52
4.3.10.1	<i>Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos (12 01)</i>	52
4.3.11	Resíduos não especificados (16)	53
4.3.11.1	<i>Resíduos de revestimentos de fornos e refratários (16 11)</i>	53
4.3.12	Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados) (17)	53
4.3.13	Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas (19)	55
4.3.13.1	<i>Resíduos de estações de tratamento de efluentes (ETE) não anteriormente especificados (19 08)</i>	55
4.3.13.2	<i>Resíduos de estações de tratamento de água (ETA) para consumo humano ou de água para consumo industrial (19 09)</i>	55
4.4	TECNOLOGIAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS	56
4.4.1	Aterro	57
4.4.2	Tratamento Térmico	58
4.4.3	Blendagem Coprocessamento	59
4.4.4	Compostagem	60
4.4.5	Descontaminação de lâmpadas	60
4.4.6	Fins didáticos	61
4.4.7	Reciclagem	61
4.4.8	Recuperação Energética	62
4.4.9	Rerrefino	63
4.4.10	Tratamento de Efluentes	63
4.4.11	Uso Agrícola	64

4.5	ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE	64
4.5.1	Considerações iniciais	64
4.6	CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS REGIONAIS DE SANTA CATARINA 70	
4.6.1	BLUMENAU E VALE DO ITAJAÍ, CVI - TÊXTIL.....	72
4.6.2	CAÇADOR, CMO – MADEIRA.....	72
4.6.3	CANOINHAS, CPN – BENEFICIAMENTO DE PAPEL.....	73
4.6.4	CHAPECÓ E REGIÃO OESTE, CRO – AGROINDÚSTRIA	73
4.6.5	CONCÓRDIA, CAU – AGROINDÚSTRIA	74
4.6.6	CRICIÚMA, CRS – CERÂMICA	74
4.6.7	FLORIANÓPOLIS, CRF – SERVIÇOS.....	75
4.6.8	ITAJAÍ, CFI – SERVIÇOS E PORTO	75
4.6.9	JARAGUÁ DO SUL, CJS – TÊXTIL E METALMECÂNICA.....	76
4.6.10	JOAÇABA, CRP – IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS	76
4.6.11	JOINVILLE, CRN – METALURGIA, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	76
4.6.12	LAGES, CPS – CELULOSE E PAPEL.....	77
4.6.13	MAFRA, CMF - AGRONEGÓCIO.....	77
4.6.14	RIO DO SUL, CAV – MÁQUINAS E TÊXTIL.....	78
4.6.15	SÃO MIGUEL DO OESTE, CEO – ALIMENTOS	78
4.6.16	TUBARÃO, CTB - CERÂMICA	79
5	METODOLOGIA	80
5.1	MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS	80
5.2	REGIÃO DE ESTUDO	84
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
6.1	IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS EM SANTA CATARINA...	87
6.1.1	CR Blumenau.....	96
6.1.2	CRS Criciúma	100
6.1.3	CR Joinville.....	105
6.1.4	Resíduos Destinados a Aterro	110
6.2	ESTUDOS DE CASO.....	112
6.2.1	Fundição de Metais como Processo Gerador de Resíduos	113
6.2.2	Confecção de Cerâmicas como Processo de Potencial de Aproveitamento de Resíduos.....	123

6.2.2.1	<i>Considerações Gerais para Processos de fabricação de revestimentos cerâmicos tradicionais.....</i>	123
6.2.2.2	<i>Processos de fabricação de cerâmica de mesa.....</i>	126
6.2.2.3	<i>Processos de fabricação de produtos de vidro.</i>	129
6.2.3	Aplicação de Areia de Fundição	130
6.2.3	Cálculo de GEE para o Transporte entre Criciúma e Joinville.....	135
6.2.3.1	<i>CONSIDERAÇÕES SOBRE EMISSÕES DE GEE.....</i>	138
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
9	REFERÊNCIAS	143

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos de processos industriais, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo, apresentam um grande impacto ao ambiente e, ao mesmo tempo, uma enorme oportunidade de aproveitamento agregando valor através de sua reutilização ou reciclagem.

No Brasil, a Lei N°12.305 (2010), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) conforme o Art 1°:

“Esta lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.”

O Decreto N°7404/2010 (2010) que regulamentava a Lei N°12305/2010 (2010) foi revogado pelo Decreto N°10936/2022 (2022). Este último define que a Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com as diretrizes nacionais para o saneamento básico e com a política federal de saneamento básico.

A PNRS enfatiza a gestão ambiental urbana, com base nos resíduos sólidos gerados e coletados nos municípios brasileiros e não é aplicável a rejeitos radioativos.

A pandemia de COVID-19 mudou bastante o cenário de geração de resíduos no Brasil. Segundo a ABRELPE (2020), as medidas de distanciamento e isolamento social, sistemas de trabalho remoto, restrições a atividades de comércio e alimentação, dentre outros fatores, trouxeram um novo paradigma para a geração de resíduos sólidos.

Em 2021, houve a retomada cadenciada das atividades, considerando que muitos trabalhadores ficaram desempregados e reinventaram suas atividades econômicas se tornando microempreendedores individuais, ocorrendo mudanças nas rotinas das pessoas e no formato de trabalho, com atenção ao que está sendo chamado de *‘uberização do trabalho’*, também aconteceu o retorno das atividades presenciais, alguns adotaram os modelos híbridos para trabalho, outros se manterem com atividades remotas, notando uma mudança de hábitos e consequentemente na geração de resíduos. De acordo com a ABRELPE (2022), isso resultou em influência direta nos processos de consumo, descarte e geração de resíduos, evidenciando uma nova abordagem para a gestão dos materiais descartados.

O Decreto N° 10.936 (2022), em consonância com os princípios estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece que fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os responsáveis pelos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos têm responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Esse arcabouço legal visa incentivar a gestão integrada dos resíduos sólidos e a implementação de sistemas de logística reversa, promovendo a efetivação da responsabilidade socioambiental e compartilhando responsabilidades entre todos os envolvidos, desde a geração até a destinação final dos resíduos.

A Portaria N° 280, de 29 de junho (2020), institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos.

De acordo com a plataforma do Governo Federal do Brasil (2025), para os Estados em que já se utiliza um Sistema MTR ou sistema com informações compatíveis com os requisitos do MTR, que são: São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Espírito Santo, os usuários devem utilizar apenas o sistema estadual para a emissão de MTR's, se os resíduos forem gerados e destinados somente dentro do respectivo Estado.

Santa Catarina foi o primeiro estado brasileiro a implementar o Sistema MTR online, conforme Vertown (2024). Trata-se de um sistema informatizado que gerencia as etapas de coleta, transporte e destinação dos resíduos gerados. Por meio dele, o gerador emite o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), informando a empresa responsável pela coleta e transporte, a quantidade de material a ser retirada — que pode ser uma estimativa —, além do local de destinação e a forma como o resíduo será tratado ou reaproveitado.

Por fim, o fluxo de resíduos sólidos industriais ainda carece de uma base de informações abrangente, permanente e atualizada. Embora o Ministério do Meio Ambiente (MMA) tenha apoiado financeiramente os Estados na realização de inventários, a baixa abrangência da elaboração de tais instrumentos e a falta de continuidade na atualização dos mesmos, dificultou a sua utilização como base de dados para consolidar a geração de resíduos industriais gerados no Brasil. Ao mesmo tempo, os quantitativos consolidados a partir das informações declaradas apresentam representatividade limitada em relação à quantidade de indústrias existentes no Brasil, refletindo apenas uma parcela dos resíduos gerados.

Para contribuir com melhorias na gestão de resíduos visando um desenvolvimento sustentável, é crucial reconhecer que a identificação das razões por trás das quantidades de resíduos gerados e coletados permanece relevante. Este entendimento é fundamental para promover práticas de destinação correta e desviar resíduos de aterros, aumentando assim sua vida útil. Além disso, essa abordagem favorece o cultivo de uma cultura de economia circular, na qual o valor dos resíduos é reconhecido e eles são reintegrados ao ciclo produtivo, contribuindo para a redução do desperdício e o uso mais eficiente dos recursos.

2 JUSTIFICATIVA

A presente proposta está diretamente vinculada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, de acordo com ONU (2023), e em particular ao **ODS 9, Indústria, Inovação e Infraestrutura**.

Em 2010, a ONU definiu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável a serem focados até 2030, identificados na Figura 1.

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.



Fonte: (ONU, 2023).

De modo complementar, outros ODS serão simultaneamente envolvidos como:

- **ODS 3, Saúde e Bem-Estar**, a ser alcançado pela minimização da propagação de agentes poluentes, na terra, água ou ar;
- **ODS 12, Consumo e Produção Responsáveis**, que inclui a redução de custos econômicos e ambientais pela implementação de processos produtivos mais sustentáveis;
- **ODS 13, Ação contra a Mudança Global do Clima**, pela minimização da geração de gases de efeito estufa durante o beneficiamento de matérias-primas assim como no transporte de resíduos até sua destinação final.

A reutilização ou reciclagem de resíduos sólidos industriais está relacionada a tecnologias sustentáveis, incluindo infraestruturas regionais e nacionais, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano.

Nesse sentido, este projeto tem como objetivos principais:

- Utilizar os Manifestos de Transporte de Resíduos (MTRs) para identificar os tipos de resíduos sólidos gerados em maiores volumes no estado de Santa Catarina e que atualmente são destinados a aterros sanitários;
- Diante da viabilidade de identificar fontes minerais alternativas, promover a substituição de matérias-primas naturais ou processadas por resíduos sólidos com composição e funcionalidade semelhantes, contribuindo para a preservação de recursos naturais;
- A partir da caracterização dos resíduos gerados segundo a natureza da atividade econômica, avaliar seu potencial de uso como fonte de energia, evitando o descarte em aterros e promovendo alternativas mais sustentáveis de aproveitamento.
- Reduzir o impacto ambiental resultante do transporte de cargas de resíduos por via rodoviária entre o gerador e o usuário ou depositário final;
- Minimizar o impacto gerado pelo depósito de resíduos não utilizados em aterros industriais ou similares;
- Promover o desenvolvimento de novos produtos, ecologicamente corretos, a partir da composição de um ou mais resíduos industriais utilizados como matérias-primas alternativas.

Quanto à aplicabilidade dos resultados e potenciais impactos, espera-se consolidar dados e gerar informações mais qualificadas sobre resíduos sólidos industriais em Santa Catarina, em especial concernentes a:

- Geração;
- Armazenamento;
- Transporte;
- Destinação final.

Para cada RSI gerado no Estado, a partir de dados no respectivo manifesto de transporte de Resíduos (MTR), espera-se obter os seguintes resultados:

- A rastreabilidade de resíduos;
- O volume (ou massa ou unidade) transportado;
- O trajeto de transporte percorrido como consequente avaliação de pegada de carbono;
- A avaliação dos principais destinos dos resíduos;

- Os setores da economia que mais geram RSI;
- Os resíduos mais importantes em termos de geração;
- A qualificação dos resíduos relevantes (periculosidade, toxicidade, inflamabilidade);
- O potencial de reutilização ou reciclagem dos RSI's;
- A disponibilização dos resultados obtidos em plataformas públicas abertas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste projeto é diagnosticar a produção e destinação de **resíduos sólidos industriais** em Santa Catarina (2020-2021) para identificar oportunidades de reutilização.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir dos dados referentes aos resíduos sólidos industriais produzidos em Santa Catarina, pretende-se:

- Fazer um levantamento dos resíduos gerados em Santa Catarina nos anos de 2020 e 2021;
- Selecionar informações dos relatórios do IMA, conforme a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos do IBAMA (2012), direcionando para materiais inorgânicos não-metálicos;
- Identificar os resíduos gerados por coordenadoria regional catarinense, a partir de MTR's e relatórios emitidos junto ao IMA;
- Relacionar os resíduos gerados conforme natureza da atividade econômica e tecnologia de destinação final e por gerador;
- Filtrar e identificar os resíduos inorgânicos não-metálicos destinados a aterros, a fonte geradora, a natureza da atividade econômica e a região em que está localizada;
- Classificar os RSI's de acordo com sua composição de sólidos e potencial para reutilização e reciclagem;
- Realizar análise de estudos de caso com aplicações destes resíduos em materiais e processos de fabricação de cerâmica no Brasil;
- Fazer análise da pegada de carbono para transporte dos resíduos gerados com potencial de aproveitamento em outros processos produtivos e regiões no estado de Santa Catarina.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 DEFINIÇÕES DE RESÍDUOS

Os resíduos sólidos são aqueles que se encontram nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição conforme NBR 10004 (ABNT, 2004). No caso de resíduos sólidos urbanos, estes compreendem todos os resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos de serviços de saúde, os resíduos industriais perigosos e os resíduos de portos e aeroportos.

De acordo com a PNRS (2010), um resíduo sólido é:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Para o resíduo industrial, têm-se que é o proveniente de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível conforme Resolução CONAMA Nº 313, Art. 2º (2002).

Entende-se que o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no PNRS, é de responsabilidade do poder público municipal e estadual perante os órgãos ambientais e, no caso dos resíduos sólidos industriais, é o produtor que é responsável pela gestão.

De acordo com o Decreto Nº 10.936 (2022), a responsabilidade é compartilhada, sendo o fabricante, importador, distribuidor, comerciante, consumidor e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos.

Para caracterizar um resíduo sólido industrial é preciso analisar particularidades próprias quanto a tipologia e a quantidade dito por VIANA et al (2015), bem como é preciso identificar aspectos físicos, químicos, biológicos com isto é

possível conhecer a matéria-prima que o compõe, permitindo classificar o resíduo e definir o destino final deste material.

A NBR 10004 (ABNT, 2004), além de dividir os resíduos sólidos em categorias, estabelece a identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo, de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhes deram origem, de modo a escolher a melhor forma de destinação para o mesmo.

A NBR 10004, Resíduos Sólidos - Classificação (ABNT, 2024), passou por uma revisão que introduziu uma abordagem mais simplificada para a classificação de resíduos sólidos, mantendo os princípios básicos de identificação e categorização. A atualização tem como objetivo proporcionar maior clareza e compreensão quanto aos critérios que determinam a periculosidade dos resíduos. O documento descreve as etapas do processo de classificação e os requisitos que devem ser observados na emissão do Laudo de Classificação do Resíduo, cuja responsabilidade é atribuída ao gerador. Para a adequação às novas exigências, foi estabelecido um período de transição com vigência até 31 de dezembro de 2026.

4.2 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O levantamento estatístico da reutilização ou reciclagem de resíduos sólidos não é fácil de ser mensurado, embora a reutilização seja uma prática relevante e inserida como uma das prioridades da PNRS. A inclusão de indicadores e metas pode ser uma forma de incentivar a reutilização ou reciclagem e aumentar os resultados dessas formas de destinação final ambientalmente adequadas.

No caso do Estado de Santa Catarina, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) deve atender aos termos previstos na PNRS, Lei N° 12.305 (2010), dos quais se destacam:

I - Diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;

II - Proposição de cenários;

III - Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

[...]

VIII - Medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;

IX - Diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;

X - Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;

A reutilização está prevista na PNRS, e insere-se dentre as ações iniciais da hierarquia na gestão e gerenciamento de resíduos, sendo caracterizada como o aproveitamento do resíduo sem que ocorra uma transformação biológica, física ou físico-química. A reutilização em um processo produtivo, por exemplo, depende de que os produtos retornem íntegros ao parque industrial e isso só é possível mediante o comprometimento individual pela devolução do material e a existência de infraestrutura e capacidade logística.

A reciclagem é definida pela PNRS como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes.

Há no Brasil um parque industrial importante de empresas produtoras e recicladoras de vidro, plásticos, papel/papelão e aço.

Para o papel e papelão, existe a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2023), que tem 57 associados, sendo 49 empresas e 9 associações estaduais. Essas fazem parte de diferentes fases na cadeia da indústria de plantações florestais, como: celulose; papel (papel cartão, embalagens, *tissue*, imprimir/escrever, impressa, entre outros); painéis de madeira; pisos de madeira; pisos laminados; florestas energéticas e produtores independentes de árvores plantadas. O faturamento desse setor foi de R\$ 97,4 bilhões em 2019, especificamente em árvores plantadas, que foi responsável por cerca de 3,75 milhões de empregos diretos, indiretos e resultantes do efeito-renda. A reciclagem é uma prática mais relevante para os resíduos das atividades florestais e industriais que fica em torno de 66,6% (cascas, folhas, cavacos, serragem e licor preto para geração de energia); aparas de papel, lama de cal, resíduos não perigosos, que são reutilizados como matéria prima por outros setores industriais e correspondem a 11,7%; e 7,4% que correspondem a cascos, galhos e folhas, são mantidos no campo como proteção e adubação do solo.

Para os fabricantes de matérias-primas, embalagens, componentes e equipamentos do setor de embalagens de aço para mais de 700 aplicações nas áreas de alimentos, químicos, bebidas, rolhas, tampas dentre outras. Por exemplo, a Associação Brasileira de Embalagem de Aço - ABEAÇO (2023), reúne a cadeia produtiva do setor como: fabricantes da matéria-prima, de embalagem e de equipamentos para envase e fabricação de embalagens de aço. Nesse caso, são recicladas no mundo 385 milhões de toneladas de aço, sendo que a cada 75 embalagens de aço recicladas, salva-se uma árvore que estaria sendo transformada em carvão vegetal e que a cada 100 embalagens de aço recicladas, poupa-se o equivalente a uma lâmpada de 60 W acesa por uma hora gerando economia de energia.

Os resíduos sólidos industriais conforme descritos na problemática, apresentam limitações em sua representatividade quantitativa, uma vez que os dados consolidados são baseados nas informações declaradas pelos geradores, refletindo apenas uma parte dos resíduos gerados pelas indústrias no Brasil.

Em Santa Catarina, tem-se conhecimento de um único levantamento diagnóstico de RSI com vistas à sua reutilização no setor produtivo da construção civil no ano de 1996, portanto há mais de 25 anos.

De acordo com ESTRELLA (1996), foi determinada a quantidade e a qualidade dos RSI gerados a partir da análise da estrutura industrial e dos processos industriais. Foram submetidos questionários a algumas dezenas de unidades industriais e, a partir da compilação dos dados obtidos pelos respondentes, foram apresentadas tabelas de caracterização dos RSI gerados por atividade industrial, mostrando suas composições, produções, estados físicos, acondicionamentos, destinos finais e classes dos resíduos. A pesquisa apresentou também os principais estudos realizados na área de valorização dos resíduos na construção civil, no Brasil e no mundo, naquele contexto histórico. Além disso, foi dada ênfase aos critérios de avaliação de resíduos que teriam potencial de serem utilizados na construção civil.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

A NBR 10004 (ABNT, 2004), classifica os resíduos sólidos industriais nas seguintes categorias, considerando os riscos à saúde e ao meio ambiente:

- a. Resíduos classe I - Perigosos;

b. Resíduos classe II – Não perigosos:

- Resíduos classe II A – Não inertes;
- Resíduos classe II B – Inertes.

Os **resíduos classe I – Perigosos**, são os que apresentam periculosidade, ou seja, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar:

a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;

b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Ainda podem apresentar características como inflamabilidade (ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C), corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Os **resíduos classe II – não perigosos**, são exemplos resíduo de restos de alimentos, de madeira, sucata de metais ferrosos, materiais têxteis, sucata de metais não ferrosos (latão, entre outros), resíduos de minerais não-metálicos, de papel e papelão, de areia de fundição, de plástico polimerizado, bagaço de cana, de borracha entre outros não perigosos.

Para inertes e não inertes, têm-se:

- Resíduos classe II A - Não inertes:** são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, podem ter propriedades, como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos classe II B – Inertes:** Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10007 (ABNT, 2004), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A NBR 10004 (2024) classifica os resíduos quanto à periculosidade e envolve a identificação do processo ou da atividade que lhes deu origem, das concentrações de seus constituintes e das respectivas características. Os resíduos devem ser classificados como:

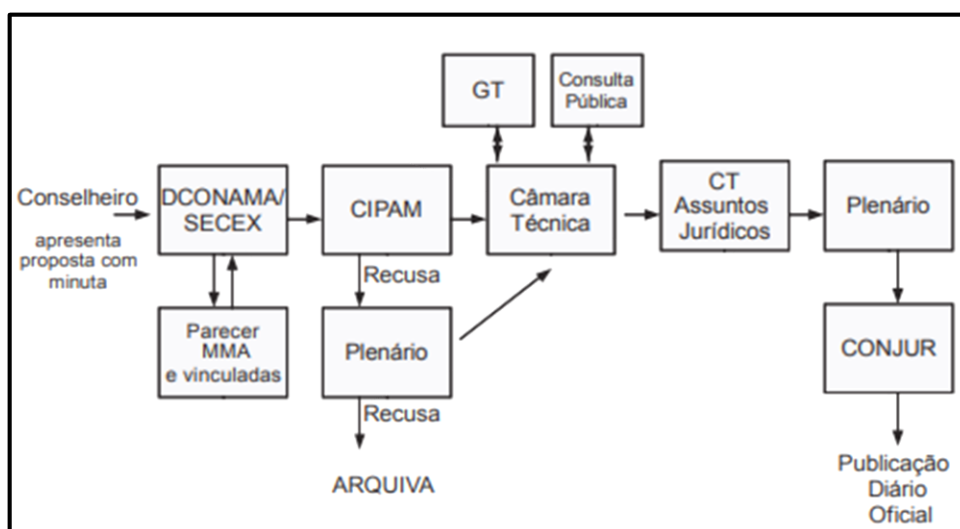
- Resíduos classe 1 – perigosos;
- Resíduos classe 2 – não perigosos.

Têm-se Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA que contempla a classificação para resíduos sólidos industriais provenientes da construção civil, de portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviário, como também os resíduos provenientes da área da saúde. Por fim estabelece cores para coleta seletiva dos resíduos gerados.

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que foi instituído pela Lei 6.938 (1981), e dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274 (1990). É presidido pelo Ministro do Meio Ambiente e sua Secretaria Executiva é exercida pelo Secretário-Executivo do MMA, e também é um colegiado de cinco setores: órgãos federais, estaduais e municipais, setor empresarial e entidades ambientalistas (CONAMA, 2023).

São atos do CONAMA a elaboração de resoluções, moções, recomendações e proposições, que seguem o fluxo conforme Figura 2, até aceitação, ou recusa e publicação final.

Figura 2 - Fluxo das propostas de atos do CONAMA.



Fonte: (CONAMA, 2012).

A Resolução nº 307 do CONAMA (2002) estabeleceu normas e procedimentos devido à necessidade de reduzir impactos ambientais gerados pelos resíduos da **construção civil** em que a disposição destes em locais inadequados

contribui para a degradação da qualidade ambiental, são estabelecidos diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, que são classificados da seguinte forma:

- I. Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

- II. Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

A nova redação da Resolução nº 348 do CONAMA (2012), retira a frase tais como os produtos oriundos do gesso, e este passa a ter a seguinte redação:

- III. Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;

O resíduo Classe D, ainda de acordo com a Resolução nº 348 do CONAMA (2012), em que se altera este item incluindo o amianto, que passa a ter a seguinte redação:

- IV. Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A Resolução nº 5 do CONAMA (1993), trata sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários e classifica o resíduo gerado da seguinte forma:

- I. Grupo A: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido a presença de agentes biológicos. Como exemplo excreções,

secreções, restos alimentares, sanitários, animais mortos, lâminas de barbear, agulhas, vidros quebrados;

- II. Grupo B: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas. Como exemplo produtos perigosos, conforme ABNT (2004), tóxicos, corrosivo, inflamáveis e reativos;
- III. Grupo C: rejeitos radioativos, segundo Norma CNEN NN 8.01 (2014);
- IV. Grupo D: resíduos comuns são todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente. Pela Resolução nº 358 do CONAMA (2005) resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

Para resíduos específicos da saúde a Resolução nº 358 do CONAMA (2005), trata especificamente e amplia os grupos que vão de A à E com suas respectivas ramificações.

A Resolução nº 275 do CONAMA (2001), são estabelecidos cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotada na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva, principalmente quando se busca promover a educação ambiental e a reciclagem de resíduos a fim de reduzir o consumo de matérias-primas, recursos naturais não-renováveis, energia e água, e também o crescente impacto ambiental associado à extração, beneficiamento, transporte, tratamento e destinação final aumentando a quantidade de aterros e na maioria das vezes reduzindo a vida útil destes.

As cores para classificar os materiais como resíduos estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de resíduos de acordo como as cores.

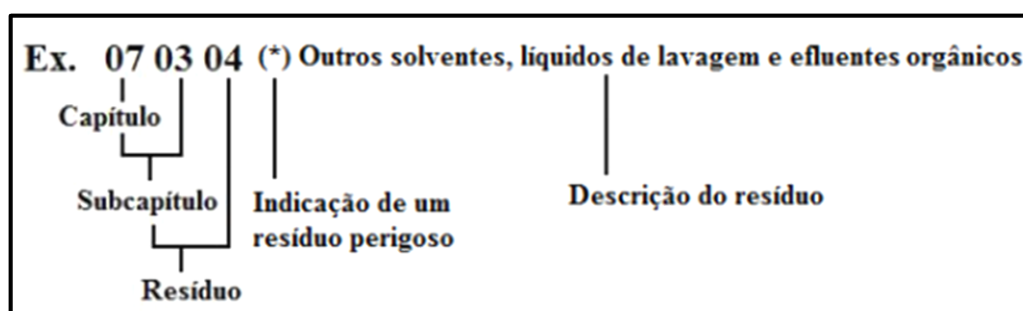
AZUL	Papel/papelão
VERMELHO	Plástico
VERDE	Vidro
AMARELO	Metal
PRETO	Madeira
LARANJA	Resíduos perigosos
BRANCO	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
ROXO	Resíduos radioativos
MARROM	Resíduos orgânicos
CINZA	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

Fonte: Adaptado de RESOLUÇÃO CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.

A Instrução Normativa nº 13 do IBAMA (2012), sobre a classificação de resíduos sólidos e que envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, vem ao encontro da necessidade de se disciplinar a prestação de informações sobre o gerenciamento de resíduos sólidos; padronizar a linguagem para prestação de informações agilizando o monitoramento, o controle, a fiscalização e a avaliação da eficiência da gestão principalmente para atendimento a à logística reversa.

Os diferentes tipos de resíduos da Lista Brasileira de Resíduos Sólidos do IBAMA, são definidos pelo código de seis dígitos para os resíduos e, de dois e quatro dígitos para os números dos capítulos e subcapítulos, especificados na Figura 3.

Figura 3 - Especificação do código para resíduos.



Fonte: Instrução Normativa nº 13, 2012.

Os resíduos selecionados para fazer parte desta pesquisa, de acordo com o que foi identificado no levantamento quantitativo produzidos em massa igual ou maior que 100 t/ano, estão organizados por capítulos, tal como especificado na Instrução Normativa nº13 do IBAMA (2012) e apresentados na sequência.

4.3.1 Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras (01)

De acordo com o Sistema Nacional de Informação sobre Gestão de Resíduos Sólidos - SINIR (2023), os resíduos de mineração são os gerados nas pesquisas, extração ou beneficiamento de minérios. Para os que são provenientes do processo de extração são denominados estéril, ou seja, sem valor econômico e os rejeitos minerais resultantes do beneficiamento, que são separados dos minerais sem valor comercial dos mais valorizados.

No chamado Cadastro Técnico Federal (CTF) de acordo com o IBAMA (2023) definem-se:

- Classe I (perigoso): rejeitos, solos e rochas com substâncias perigosos, como óleos de máquinas usados ou contaminados;
- Classe II (não perigosos): resíduos da extração de minérios metálicos e não metálicos, rejeitos não perigosos, sucatas metálicas ferrosas, resíduos de madeira e sanitários.

Na tabela do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – IMA, foram selecionados os seguintes resíduos: 01 01 Resíduos da mineração; 01 03 Resíduos da transformação física e química de minérios metálicos; 01 04 Resíduos da transformação física e química de minérios não metálicos; 01 05 Lodos e outros resíduos de perfuração.

O último dado que se tem do SINIR (2023) é que são gerados 310 milhões de toneladas de resíduos de mineração por ano, em que a maior parte é devido a lavra a céu aberto e subterrânea das atividades de extração de petróleo e de gás.

Dos resíduos, a fração estéril é depositada em pilhas ou usada no aterramento de áreas lavradas e os rejeitos, do beneficiamento do minério, com concentração de metais pesados são destinados às barragens.

4.3.2 Resíduos do processamento de papel e celulose (03)

Os resíduos do processamento de papel e celulose são considerados resíduos agrossilvopastoris - RASP (SINIR, 2023), ou seja, são os gerados nas atividades agropecuárias, silviculturais, e os gerados na agroindústria (usinas de açúcar e álcool, indústria de suco, abatedouro e indústria de papel e celulose).

Tendo como base o ano de 2015, foram gerados 775 milhões de toneladas, que como fazem parte do ciclo biológico da matéria orgânica são decompostos naturalmente pelo micro vida do solo, que disponibiliza seus nutrientes e são reabsorvidos por micro e macro organismos reestabelecendo a fertilidade da camada superficial do solo.

É importante salientar o potencial energético destes resíduos para a produção de biogás reduzindo custos com energia para o produtor do agronegócio viabilizando o aumento da produção dando destinação correta aos resíduos, e sendo um ativo importante para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

De acordo com o Programa Nacional de Biogás e Biometano (PNBB) da ABIOGÁS (2022), o Brasil deixa de aproveitar aproximadamente 44,1 bilhões de m³/ano de biogás, considerando a geração de resíduos da agroindústria, pecuária e saneamento, que poderiam fornecer 19 GW de capacidade instalada para a produção de energia elétrica, que poderia suprir 34,5% da demanda por energia elétrica ou substituir 70% do consumo de diesel do país.

Na tabela do IMA, foi selecionado no capítulo 3, o item 03 03 Resíduos da produção e da transformação de papel e celulose.

4.3.3 Resíduos da indústria têxtil (04)

Um dos principais resíduos gerados na indústria têxtil é o retalho, que de acordo com a ABNT (2004), é um resíduo não inerte devido as propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água caso tenha contato com óleos de máquinas utilizados para lubrificar.

Esses resíduos podem ser reciclados, para confecção de estopas utilizadas para limpeza, para enchimentos de sacos, para artesanatos como decorações, entre outros.

Há outros resíduos gerados como embalagens, agulhas, papéis de moldes, canetas, bombonas que devem ter destinos indicados em programa de gestão de resíduos da empresa.

Na tabela do IMA, foi selecionado no capítulo 4, o item 04 02 Resíduos da indústria têxtil.

4.3.4 Resíduos da refinação de petróleo (05)

As refinarias de petróleo possuem alto potencial poluidor podendo contaminar o ar liberando gases nocivos, a água devido aos efluentes líquidos que são gerados, e o solo também produzindo resíduos sólidos de tratamento complexo, além disso consomem grandes quantidades de água e de energia nos processos para extração de materiais como óleos, entre outros.

No processo de refino são gerados resíduos sólidos, bem como nas operações de manuseio do petróleo e no tratamento de efluentes, sob a forma de

lamas, cinzas de incineradores e borras de filtração, a composição destes são metais, hidrocarbonetos aromáticos, amônia e ácido sulfídrico (GURGEL, et al., 2009).

Na tabela do IMA foram selecionados no capítulo 5, o item 05 01 Resíduos da refinação de petróleo.

4.3.5 Resíduos de processos químicos inorgânicos (06)

Os processos químicos inorgânicos são aqueles que não possuem como elemento principal o carbono, englobando as substâncias formadas por todos os demais elementos, incluindo minerais, metais, ácidos, bases, sais, óxidos e compostos organometálicos.

4.3.5.1 Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de produtos e processos químicos do fósforo (06 09)

Os resíduos gerados a partir do processo químico do fósforo, a partir da produção do concentrado de rocha fosfática, que dá origem ao ácido fosfórico, é o fosfogesso utilizado como fertilizante na agricultura. São gerados em média 1.076 megatoneladas por ano de fosfogesso que são acondicionados ao ar livre, resultando em um problema ambiental devido aos elementos que contém como terras raras e radionucleotídeos que contaminam os locais onde são armazenados e apresentam problemas devido as barragens de contenção que são executadas para armazenamento dos rejeitos desta mineração (PANTANO, GROSSELLI, MOZETO, & FADINI, 2016)

4.3.5.2 Resíduos da fabricação de pigmentos inorgânicos e opacificantes (06 11)

Os resíduos provenientes de fabricação de pigmentos inorgânicos e opacificantes geralmente apresentam em sua composição metais pesados como óxidos de metais, tais como ferro, cromo, zinco entre outros, sendo classificado como Classe II, para tanto é necessário condicionamento, coleta, transporte, tratamento

e/ou disposição final adequada (MILANEZ, KNISS, BERNARDIN, RIELLA, & KUHNEN, 2005).

4.3.6 Resíduos de processos químicos orgânicos (07)

Os processos químicos orgânicos basicamente envolvem os elementos carbono e hidrogênio na estrutura molecular e resultam em materiais com baixas densidades e flexíveis, segundo CALLISTER JR (1999).

4.3.6.1 *Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de plásticos, borracha e fibras sintéticas (07 02)*

O plástico é um material sólido cujo ingrediente principal é um polímero orgânico de alto peso molecular, que pode conter também aditivos, tais como enchimentos, agentes plasticizantes, retardantes de chama e afins, citado por CALLISTER JR (1999).

A reciclagem de plásticos pode se tornar complexa em determinadas situações devido à presença de enchimentos e cargas, que são materiais adicionados com o objetivo de modificar as propriedades originais dos polímeros. Um exemplo comum é a adição de substâncias como talco ou pó de sílica para aumentar a resistência mecânica do material. Esses aditivos, embora melhorem o desempenho dos plásticos em aplicações específicas, dificultam seu reaproveitamento, pois interferem nos processos convencionais de reciclagem e na pureza do material reciclado. Contudo, o plástico reciclado é mais barato do que o material original, e a qualidade e a aparência são reduzidas após cada reciclagem (CALLISTER JR, 1999).

4.3.7 Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de revestimentos (08)

Para fabricação, formulação, distribuição e utilização de revestimentos incluindo para materiais cerâmicos e abordando a utilização de tintas de impressão, são gerados resíduos como: embalagens de insumos (plástico, papel, metal), borras oleosas, estopas sujas, embalagens de combustível, também efluentes com

concentrações de solventes e sólidos suspensos, geralmente coloridos, que requerem tratamento, pó proveniente da filtração, entre outros.

Para este setor é possível aplicar o conceito de produção mais limpa (P+L), que de acordo com o Guia Técnico Ambiental, Tintas e Vernizes elaborado pela FIESP (2008), trata-se de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem as emissões e gerações de resíduos por meio de ações preventivas, ou seja, minimizando-as ou criando alternativas para reutilizar ou reciclar, economizando matéria-prima, água e energia.

De acordo com o guia FIESP (2008), o conceito P+L promove:

‘A redução de custo de produção; aumento de eficiência e produtividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhorias das condições de saúde do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação de suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.’

Quanto à produção mais limpa, é possível associar a promoção da economia circular.

De acordo com a lista de resíduos, foram contemplados neste capítulo, Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de outros revestimentos, incluindo materiais cerâmicos (08 02); e resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de tintas de impressão (08 03).

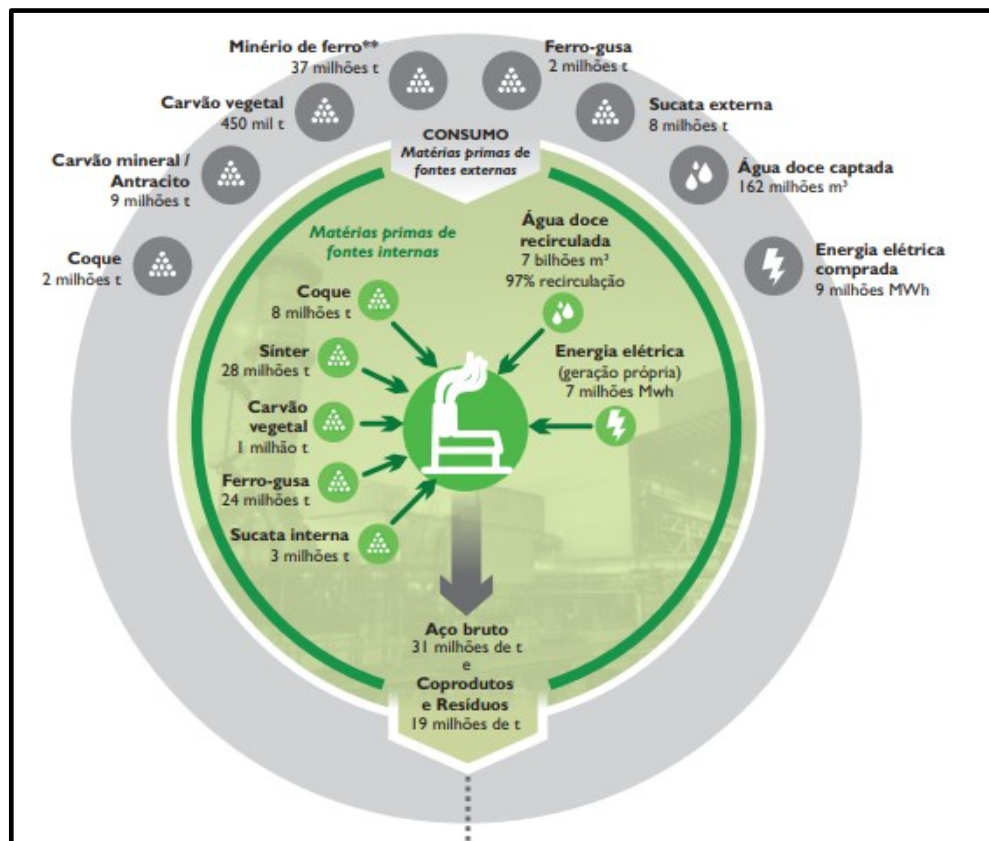
4.3.8 Resíduos de processos térmicos (10)

4.3.8.1 *Resíduos da indústria do ferro e do aço (10 02)*

De acordo como o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2013), os resíduos gerados na indústria de mineração são escória de alto-forno, carepa, pó de aciaria, lama de alto forno, pó de balão.

Conforme o relatório anual emitido pelo Instituto Aço Brasil (2022), as quantidades totais registradas pelas empresas associadas em 2021, quanto ao desempenho ambiental na indústria do aço foram 31 milhões de toneladas de aço bruto, coprodutos e resíduos foram gerados 19 milhões de toneladas. Conforme a Figura 4, que relaciona as entradas e saídas de material, é possível identificar a quantidade de materiais utilizados, como resíduos de sucata e energia consumidos.

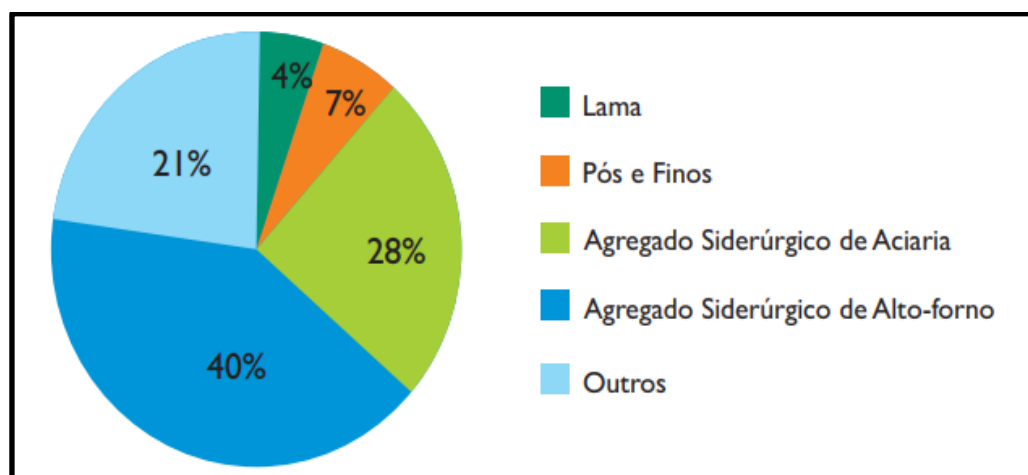
Figura 4 - Fluxo de entradas e saídas de material no processo industrial do aço.



Fonte: Instituto Aço Brasil (2022).

Do total dos resíduos e coprodutos gerados têm-se na Figura 5, os quantitativos em porcentagem de acordo com as empresas associadas.

Figura 5 - Geração de coprodutos e resíduos por tipo no ano de 2021.



Fonte: Instituto Aço Brasil (2022).

A indústria do aço está buscando integrar ao processo industrial do aço o conceito de economia circular, que procura manter os materiais utilizados no processo

o maior tempo possível reutilizando e reciclando, visando benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Quanto ao uso de matéria-prima, a economia circular tem como princípio reduzir a quantidade de matéria-prima e energia; reutilizar; remanufaturar transformando produtos usados e/ou com defeito em produtos novos; reciclar, tendo como benefícios reduzir a emissão de gases de efeito estufa (CO₂), conservar matéria-prima; maior eficiência energética; inovação; expandir a oferta de empregos e buscar por produtos duráveis, informações relatadas pelo Instituto Aço Brasil (2022).

4.3.8.2 *Resíduos da pirometalurgia do alumínio (10 03), do zinco (10 05), Resíduos da pirometalurgia do cobre (10 06), da prata, do ouro e da platina: (10 07), outros metais não ferrosos (10 08)*

A pirometalurgia é um método extrativo de metais, é processo que ocorre em altas temperaturas em explosões ou em fornos para separar o metal do sulfato, pois os metais são obtidos do mineral ou de seu concentrado por processos pirometalúrgicos.

No Portal Técnico em Mineração (2023), têm-se que o calor funde o concentrado e alguns minerais são evaporizados, podendo ser recuperados por meio da destilação em fornos. O processo de fundição é realizado em quatro etapas:

- a. Recepção e amostragem: é avaliado o grau de umidade da matéria que quanto maior, será maior a quantidade de energia para fusão;
- b. Fusão e a conversão podem ser realizadas em uma mesma operação utilizando fornos de reverberação, o material dos silos de armazenagem vai para os fornos, passando do estado sólido para o líquido causando a separação do metal dos outros materiais, o metal líquido sai pela parte inferior do forno e parte mais leve do fundido que é o rejeito, é retirada colocada em um bota-fora para solidificação em temperatura ambiente; e
- c. Pirorrefino, que elimina o percentual de oxigênio no metal.

De acordo com VEIT et al. (2014):

‘O processo pirometalúrgico também está associado ao lixo eletrônico, pois é uma tecnologia utilizada na recuperação de metais não ferrosos e metais preciosos, como exemplo as placas de circuito impresso (PCI) correspondem a, aproximadamente, 30% da sucata eletrônica gerada. Cabe ressaltar que realizar a reciclagem dessa sucata é um processo complexo, porém de extrema importância para a recuperação de metais de grande valor econômico. Os

processos industriais, para a recuperação de metais provenientes de PCI, são baseados, em pirometalurgia e hidrometalurgia. Em ambos os processos, é possível fazer um pré-tratamento, que consiste no uso de processos mecânicos.'

O relatório de pesquisa do IPEA (2012), consta que na atividade de mineração grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados, tendo dois tipos de resíduos sólidos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados dispostos em pilhas, e os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento das substâncias minerais.

4.3.8.3 *Resíduos da fundição de peças ferrosas (10 09) e de peças não ferrosas (10 10)*

O resíduo de maior volume gerado na fundição de peças ferrosas e não ferrosas é areia descartada de fundição (ADF), quando se trata de peças não-ferrosas os materiais contemplados para fundição são: cobre, zinco, alumínio, chumbo e magnésio; e ferrosos são ferro e aço.

O processo de fundição, em linhas gerais, consiste em derramar metal líquido na cavidade de um molde, permitindo a obtenção de peças com o formato da referida cavidade, após a solidificação do metal de acordo com CHIAVERINI (1986) apud FAGUNDES & SILVA (2011).

Para SANTOS et al.(2016), processo de fundição ocorre da seguinte forma:

'O metal é vazado, no final do processo as peças são desmoldadas e a areia utilizada na confecção destes sai do sistema como resíduo de fundição, chamado de ADF. Parte desse resíduo é retornada ao sistema e o restante é descartado, sendo que o destino atualmente é o aterro de resíduos sólidos. As areias descartadas de fundição (ADF) são constituídas de 98,81% de areia, aglomerantes - aditivos bentonita 0,83%, amido de milho 0,06%, carvão 0,3% e água.'

Para dar um destino adequado e sustentável a este material são diversos estudos e até mesmo normas brasileiras regulamentadoras visando a aplicabilidade correta para atendimento a requisitos técnicos, uma delas é a ABNT NBR 15702 - Areia descartada de fundição – Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário e ABNT NBR 15984 - Areia descartada de fundição, de acordo com a Central de processamento, armazenamento e destinação (CPAD), e a Associação Brasileira de Fundição - ABIFA (2023), em que o último relatório de desempenho emitido em

dezembro de 2022, houve um aumento na produção de fundidos de 10,1% no período de dezembro/2021 e dezembro/2022, consequentemente aumentando a quantidade de resíduos gerados nos processos de beneficiamento.

4.3.8.4 *Resíduos da fabricação do vidro e de produtos de vidro (10 11) e fabricação de peças cerâmicas, tijolos, ladrilhos, telhas e produtos de construção (10 12)*

Para TRINDADE & FRADE (2021), os principais resíduos gerados em fábricas de cerâmica e vidro respectivamente, são os cacos vidrados ou não, que não são aceitos pelo controle de qualidade.

Os autores TRINDADE & FRADE (2021), identificam que o caco é um produto inerte, e pode ser reintroduzido no processo substituindo a areia na fase de preparação da pasta cerâmica, porém se faz necessário eliminar impurezas que possam contaminar o vidro a ser produzido e evitar danificar os fornos e outros equipamentos utilizados. Também citado pela ABIVIDRO (2022), o caco de vidro é todo reciclado como fundente das massas vítreas, como matéria prima reduz os custos energéticos da fusão do vidro fazendo com que as fábricas procurem produtos de vidro em fim de vida para reciclar no processo de fabricação, logo as oportunidades de simbiose industrial colocam novos desafios como valorizar os resíduos de cerâmica e vidro na criação de materiais de base cimentícia de elevado valor acrescentado.

Quanto a reciclagem do vidro, a ABIVIDRO (2022), informa que vidro aramado não é reciclável e cita:

‘O caco de vidro plano *float* (liso) ou impresso não deve ser misturado ao de embalagens, pois sua reciclagem é feita junto às indústrias fabricantes e através de recicladores especializados, que adquirem caco junto à rede de venda de vidros de reposição para veículos. O caco laminado também pode ser reciclado por um círculo ainda menor de receptores, os quais processam o mesmo através de moagem, removendo o filme plástico de PVB (polivinilbutiral), que se limpa de forma adequada (livre de caquinhos) também pode vir a ser reciclado.’

De acordo com o Decreto nº 10.936 (2022), que regulamenta a PNRS e define responsabilidades quanto ao ciclo de vida dos materiais, tendo um Acordo Setorial para Implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens em Geral assinado em 25/11/2015 garantindo a destinação final adequada de embalagens, visto que o vidro é um material muito utilizado com esta finalidade e de acordo com

publicação do SINIR (2023), no ano de 2020 foram 58.498 t de vidro sendo o segundo material mais reciclado.

4.3.8.5 Resíduos da fabricação de cimento, cal e gesso e de artigos e produtos fabricados a partir deles (10 13)

O cimento é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água, é um dos materiais que compõem o concreto que é o material mais consumido pela humanidade, o primeiro é a água.

De acordo com o Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento - SINIC (2021), há 91 fábricas produtoras de cimento controladas por 23 grupos industriais, com capacidade de produzir 94 milhões t/ano de cimento, sendo produzido 65,80 milhões de toneladas em 2021 em que o consumo aparente foi de 64,5 toneladas no mesmo ano. Em média, a cada ano, 3 toneladas de concreto são consumidas por cada pessoa no planeta.

O processo de fabricação do cimento não produz resíduos sólidos diretamente, uma vez que as cinzas da queima dos combustíveis nos fornos rotativos são incorporadas no clínquer, mas no processo de queima há a emissão de poluentes gasosos e material particulado, sendo emitido o dióxido de carbono (CO₂), que é um dos principais gases causadores do efeito estufa, isso faz com que as cimenteiras sejam responsáveis por aproximadamente 5% da emissão global de CO₂. Além do CO₂ também há o óxido de enxofre, óxido de hidrogênio, monóxido de carbono e compostos de chumbo, de acordo com ECYCLE (2023).

De acordo com o relatório anual do SINIC (2021), são grandes os esforços para substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis, já atingindo 28% de taxa de conversão energética, tornando o Brasil uma referência com menor emissão de CO₂ por tonelada de cimento produzida no mundo. Com a redução de cerca de 20% de sua intensidade carbônica entre 1990 e 2019, a indústria brasileira de cimento evitou a emissão de 125 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera, conforme a Tabela 2, na redução da pegada de carbono.

Ano 2019	Emissão de CO ₂
Mundial	633 kg/ton de cimento
Brasil	564 kg/ton de cimento

Fonte: Adaptado pela autora de Relatório Anual SINIC, 2021.

Para redução das emissões de gases de efeito estufa, o coprocessamento é uma técnica de recuperação energética inovadora com vistas a economia circular e a prática da sustentabilidade ao preservar recursos naturais, gerando empregos e contribuindo com a erradicação de lixões, bem como melhorando o saneamento e aumentando a vida útil dos aterros, e diminuindo gastos em saúde pública e custos de energia térmica.

Contudo de 1999 para 2019, houve um aumento de 300 mil toneladas de resíduos coprocessados para quase 1,5 Mt anuais. Neste processo foram utilizados pneumáticos usados, resíduos industriais (como óleos, tintas, plásticos, papelão, entre outros) e biomassas (palha de arroz, caroço de açaí, casca de babaçu, etc.), com vistas a ampliar para uso de resíduos sólidos urbanos, que são provenientes de atividades doméstica e comercial das cidades, e os resíduos sólidos não perigosos.

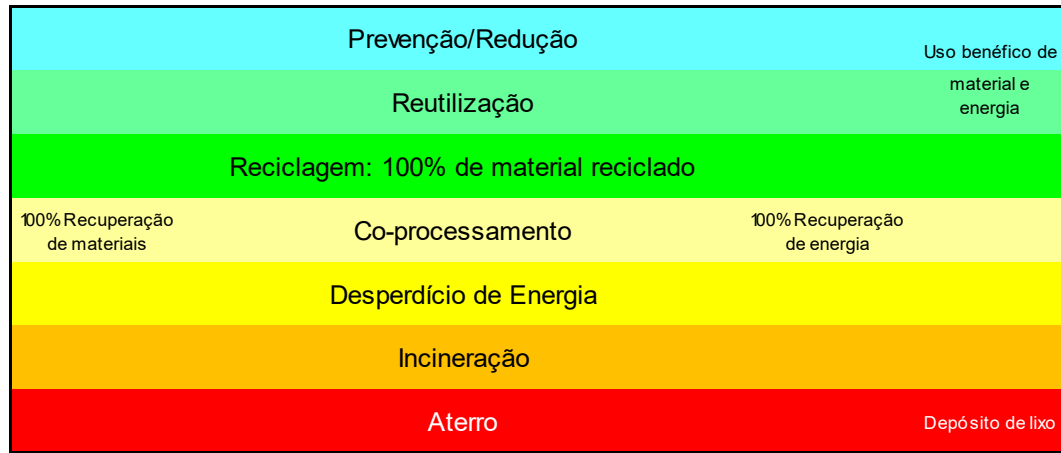
Ainda no Relatório Anual do SINIC (2021), têm-se que:

‘Além dos combustíveis fósseis tradicionais utilizados pela indústria do cimento, principalmente o coque de petróleo (cerca de 70% da matriz térmica atual), é cada vez mais significativo no Brasil o uso de combustíveis alternativos, por meio do coprocessamento de resíduos e biomassas.’

De acordo com a *Global Cement and Concrete Association - GCCA* (2019), o coprocessamento se refere ao uso adequado de resíduos, subprodutos, coprodutos ou materiais secundários, sendo estes combustíveis e matérias-primas alternativas em processos de fabricação para fins de energia e/ou recuperação de recursos.

Os fornos de cimento fornecem as condições ideais para o coprocessamento de resíduos que não podem ser gerenciados técnica ou economicamente por prevenção, redução, reaproveitamento ou reciclagem, sendo uma solução sustentável em comparação com resíduos em energia, incineração ou aterro, sendo assim o uso de fornos de cimento para coprocessamento situa-se na hierarquia dos resíduos, entre a reciclagem e a energia (GCCA, 2019), conforme o ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Coprocessamento na hierarquia dos resíduos.



Fonte: *Global Cement and Concrete Association - GCCA (2019)*, adaptado pela autora.

No ano de 2020, foram utilizados 2 milhões de toneladas de resíduos que não são reutilizáveis, tendo um aumento da utilização de combustíveis alternativos em sua matriz energética de 9% para 28% (SINIC, 2021).

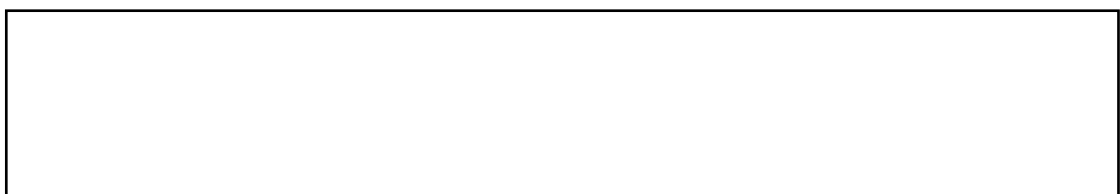
Sobre os resíduos da fabricação da cal, em PEREIRA & FERREIRA (2008), o impacto ambiental relevante é o uso de combustíveis no processo sendo utilizado gás natural, óleo combustível, lenha e carvão, sendo que há poucos anos o óleo combustível predominava com 50%.

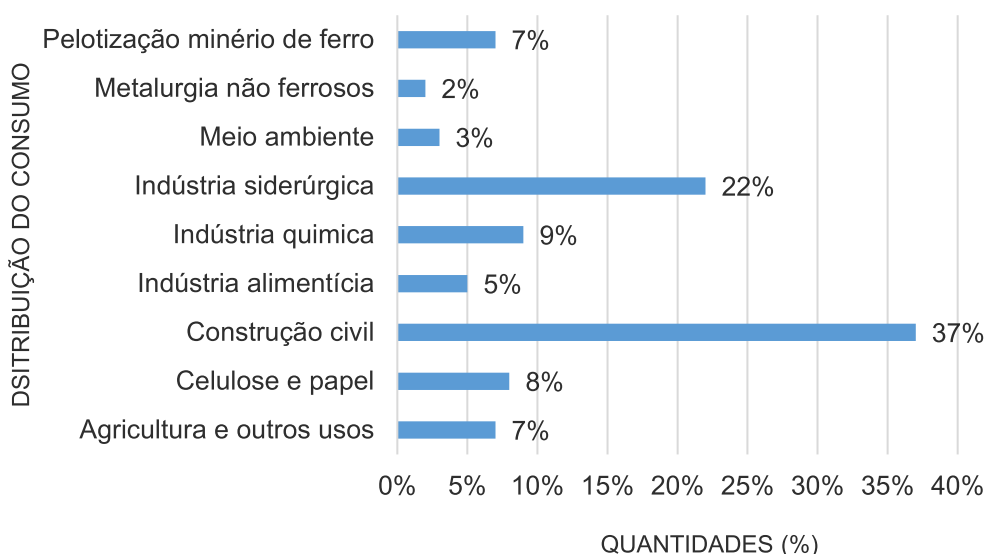
Também há a geração de outros resíduos na produção da cal, segundo SILVA (2009), sendo a composição mineralógica: cal – CaO , periclase – MgO , portlandita – Ca(OH)_2 , calcita – CaCO_3 , quartzo – SiO_2 , dolomita – $(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$.

Uma fonte importante de geração de resíduos na produção da cal é na mineração e beneficiamento, que envolvem minério com composição inadequada para a produção de cal por excesso de contaminantes como sílica, argila, e os finos de britagem constituídos de calcário, estes são beneficiados e destinados a outros mercados, como calcário agrícola, fíler ou agregados para construção civil, de acordo com JOHN et al. (2014) e OLIVEIRA et al. (2014).

De acordo com a APFAC (2008), a cal tem sua maior aplicação na construção civil, mas também em outros segmentos conforme visto na Figura 7.

Figura 7 – Mercado brasileiro de aplicação da cal.





Fonte: Adaptado de APFAC_(2008).

Para a fabricação do gesso, segundo o SINDIGESSO (2014), os depósitos mais importantes da gipsita no Brasil estão localizados em Pernambuco, na região do Araripe, situada no limite dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, onde se localiza o Polo Gesseiro do Araripe, e apresentam uma reserva em cerca de 400 milhões de toneladas de material de alta pureza.

Para os materiais em questão, cimento, cal e gesso, os desafios se tornam as melhorias necessárias nos processos de queima, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, que geram os maiores impactos ambientais.

4.3.9 Resíduos de tratamentos químicos e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos (11)

4.3.9.1 Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais (11 01)

Um dos processos para tratamento químico utilizado é conhecido como galvânico, que consiste na deposição de uma camada fina de metal sobre uma superfície metálica ou plástica, que gera grande volume de efluentes. O sistema de tratamento de efluentes é responsável pela geração do resíduo sólido galvânico, também chamado de lodo galvânico, sendo seu principal constituinte a água, e o

resíduo galvânico possui elementos químicos cobre, cromo e níquel (ALVES & SEO, 2014).

O lodo galvânico é considerado resíduo perigoso pois sua disposição no solo pode resultar na liberação de compostos, tais como metais, em níveis acima dos regulamentos e os limites ambientais, de acordo com AYDIN & AYDIN, 2014 apud ALVES & SEO (2014).

Logo, nestes processos são gerados borra, óxidos ou cinzas e resíduos de fluxo.

4.3.9.2 *Resíduos de processos hidrometalúrgicos de metais não ferrosos (11 02)*

O termo hidrometalurgia designa processos de extração de metais no qual a principal etapa de separação do metal envolve reações de dissolução do minério em meio aquoso, de acordo com CIMINELLI (2006) apud SILVA (2008).

Para obtenção dos mais diversos metais, como zinco, cobre, níquel, cobalto, entre outros é necessário extraí-los dos minérios presentes na natureza, tendo como etapas a dissolução ácida e eletrodeposição num processo hidrometalúrgico de produção de metais em que processos convencionais utilizam precipitação química do metal, gerando um sólido que precisa ser encaminhado a um aterro especial, conforme informação do Portal da Inovação UFSCAR (2023).

As vantagens do uso de processos hidrometalúrgicos estão relacionadas ao baixo custo, baixo consumo de energia e etapas de processamento relativamente simples e as desvantagens são a geração de efluentes, a baixa seletividade de alguns reagentes e processos mais lentos, vide Portal de Projetos UFRGS (2023).

4.3.9.3 *Resíduos de processos de galvanização a quente (11 05)*

A galvanização a quente ou zincagem por imersão é um procedimento que imerge um metal-base muito oxidável em uma cuba de zinco quente para que o zinco forme uma barreira de proteção contra a corrosão, ou seja, o metal zinco se sacrifica e é deteriorado no lugar do metal-base, que tem sua vida útil prolongada (MULTIGALVA, 2023).

Este processo de galvanização é para revestimento de peças de aço ou ferro fundido de qualquer tamanho, peso, forma e complexidade, em que a corrosão do zinco é de 3% a 10% em relação ao aço nu, ou seja, sempre menor que a do aço (GALVANISA, 2013).

O processo tradicional de galvanização a fogo é composto por oito etapas: Desengraxe, 1ª lavagem, decapagem, 2ª lavagem, fluxagem, secagem, imersão a quente e resfriamento (GALVANISA, 2013). E o resíduo gerado após o tratamento dos efluentes líquidos é o lodo galvânico, considerado perigoso, porque contém metais pesados como cromo, níquel, zinco, cobre, ferro e outros, que devem ser dispostos em aterros industriais, devido à alta concentração de metais pesados, representando riscos de contaminação do solo, lençol freático e águas superficiais, assim como a disposição provisória deve oferecer condições de armazenamento seguro, até que seja enviado para tratamento ou à disposição final, de acordo com OLIVEIRA & CUNHA (2007) e TOCCHETTO et al.(2008).

4.3.10 Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos (12)

4.3.10.1 *Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos (12 01)*

A moldagem é um dos métodos utilizados para a conformação de polímeros plásticos e metais. As várias técnicas de moldagem usadas incluem a moldagem por compressão, transferência, insuflação, injeção e extrusão.

Os metais e os materiais poliméricos, tanto os plásticos termoplásticos como os termofixos, ao serem fundidos podem ser derramados no interior de um molde minimizando o desperdício sem sacrificar as propriedades mecânicas e seleção do material, de acordo com CALLISTER (1999) e AIRPRODUCTS (2023).

No processo de fabricação de artefatos, transformação da matéria-prima em peças acabadas, produtos reprovados por qualidade são gerados as sucatas, segundo RIBEIRO et al.(2018).

Normalmente, os trabalhos desenvolvidos em processamentos tais como extrusão, injeção e prensagem de plásticos e borrachas, produzem resíduos gerados

na confecção de produtos acabados e não constituem perigo seu descarte junto aos resíduos urbanos. Contudo, é possível a reintegração de resíduos plásticos e metálicos ao processo produtivo, segundo PACHECO et al.(2003).

4.3.11 Resíduos não especificados (16)

4.3.11.1 *Resíduos de revestimentos de fornos e refratários (16 11)*

A palavra “refratário” significa “difícil de fundir”, sendo que o ponto de fusão deste material ultrapassa 2000°C.

A aplicação de materiais refratários é em fornos caseiros, industriais, fornalhas, entre outras aplicações em que são utilizadas altas temperaturas, sendo a indústria siderúrgica o principal consumidor deste material.

No caso de fornos industriais, a substituição do material refratário acontece com periodicidade anual e a dificuldade de reutilizar este resíduo, de acordo com a ABNT (2004), é devido a sua classificação como resíduos sólido industrial Classe I – Perigosos, pois apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, devido à presença do **Pó de Aciaria Elétrica (PAE)**, que é um resíduo proveniente das indústrias siderúrgicas e possui altos teores de ferro, zinco, chumbo e outros compostos metálicos.

A reutilização deste resíduo implica em transformá-lo em resíduo Classe II, através de separação magnética para se obter uma fase refratária não magnética Classe II e outra fase magnética Classe I (CORDEIRO, 2021).

4.3.12 Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados) (17)

A resolução do CONAMA (2002), de acordo com o Art. 1º, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

E conforme o Art. 2º, os resíduos da construção civil são definidos como:

‘São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso,

telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. ‘

No Art. 3º, está a classificação de resíduos da construção civil, e no Art. 10º trata do destino que se deve dar ao resíduo, sendo:

I. Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação, solos, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto, peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios) produzidas nos canteiros de obras. Estes podem ser encaminhados para aterros de resíduos à utilização posterior;

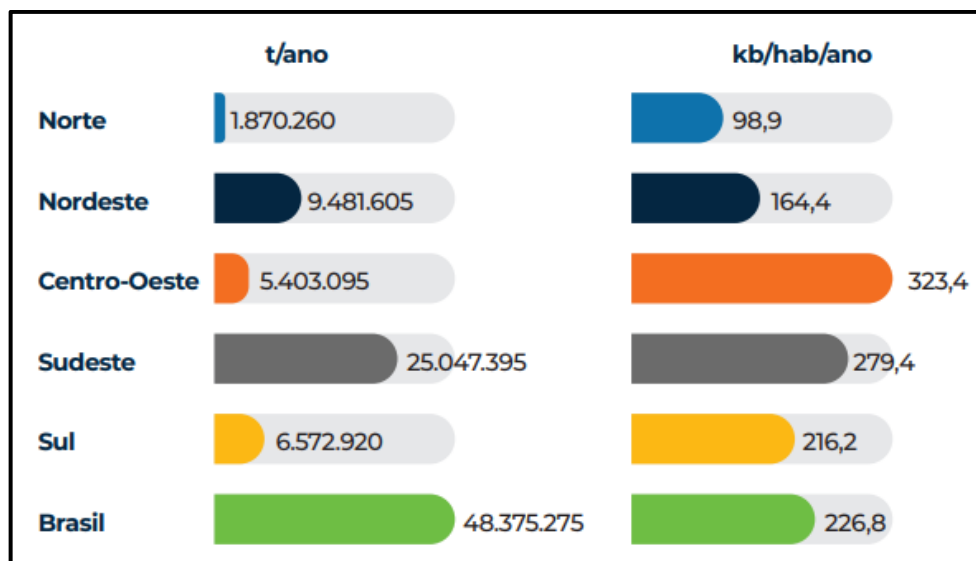
II. Classe B: Resíduos recicláveis como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso. Estes podem ser encaminhados a áreas de armazenamento temporário para reciclagem futura;

III. Classe C: Resíduos que não são viáveis economicamente para reciclar ou recuperar. Estes deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

IV. Classe D: Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como tintas, solventes, óleos, nocivos à saúde proveniente de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas com amianto ou outros. Estes deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

No ano de 2021, foram coletados pelos municípios de Santa Catarina 48.375.275 toneladas de resíduos da construção civil, um crescimento de 2,9% em relação ao ano anterior, sendo equivalente a quantidade de 227 kg por habitante, têm-se as quantidades de resíduos coletadas nas regiões do Brasil, Figura 8.

Figura 8 - Coleta de resíduos da construção civil pelas regiões do Brasil em 2021.



Fonte: Panorama ABRELPE (2022).

Na tabela do IMA foram selecionados no capítulo 17, o item: 17 01 Cimento, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos; 17 02 Madeira, vidro e plástico; 17 05 Solos; e 17 08 Materiais de construção à base de gesso.

4.3.13 Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas (19)

4.3.13.1 Resíduos de estações de tratamento de efluentes (ETE) não anteriormente especificados (19 08)

O tratamento de esgotos é composto por processos biológicos, podendo eles ser anaeróbios, aeróbios ou uma combinação de ambos, também com a adoção de processos físico-químicos combinados com biológicos objetivando a remoção de fósforo existente no lodo, de acordo com FILHO et al.(2009), considerando neste caso o volume relevante de lodo gerado no setor têxtil do Estado de Santa Catarina.

4.3.13.2 Resíduos de estações de tratamento de água (ETA) para consumo humano ou de água para consumo industrial (19 09)

Um dos resíduos mais produzidos são os lodos dos decantadores, este possui um potencial relevante de reaproveitamento após sua caracterização, segundo BENLALLA et al. (2015) apud SILVA et al. (2019).

O tratamento adequado do lodo é importante devido a presença de determinados componentes é possível sua reutilização como fertilizante, caso apresente potássio, sódio e nitrogênio em sua composição, conforme SILVA et al. (2019).

4.4 TECNOLOGIAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

Um dos maiores desafios na gestão do resíduo é a destinação final dada a este material, em que o custo de armazenamento em aterros sanitários ou industriais é maior frente ao investimento que se faz em busca de soluções mais eficazes.

A Lei Complementar Nº 12.305 (2010) trata da destinação final dos resíduos ambientalmente adequada, que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e SUASA. Entre elas, há a disposição final com distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizar os impactos ambientais adversos.

Algo importante a considerar são os impactos ambientais refletidos diante da disposição final incorreta podendo contaminar flora, fauna, solo e água. De acordo com a ABRELPE (2022), esses impactos ambientais podem causar efeitos prejudiciais à saúde da população no entorno atingindo um raio de 60 km. Entre 2016 e 2021, o gasto total da saúde para tratar problemas causados em decorrência da destinação inadequada de resíduos foi de 1,85 bilhão de dólares.

O Decreto Nº 11.043 (2022), que tem como anexo o DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL (2019-2022), trouxe como alguns dos objetivos a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias apropriadas de forma a minimizar impactos ambientais inerentes à gestão e disposição dos resíduos. Prevê a recuperação e o aproveitamento energético como alternativas para tal finalidade, para diminuir a quantidade de resíduos encaminhados à disposição final e, conseqüentemente, refletir em um aumento da vida útil dos aterros sanitários, que até então eram projetados para 25 anos.

Na sequência, serão definidas as formas de destinação final de resíduos.

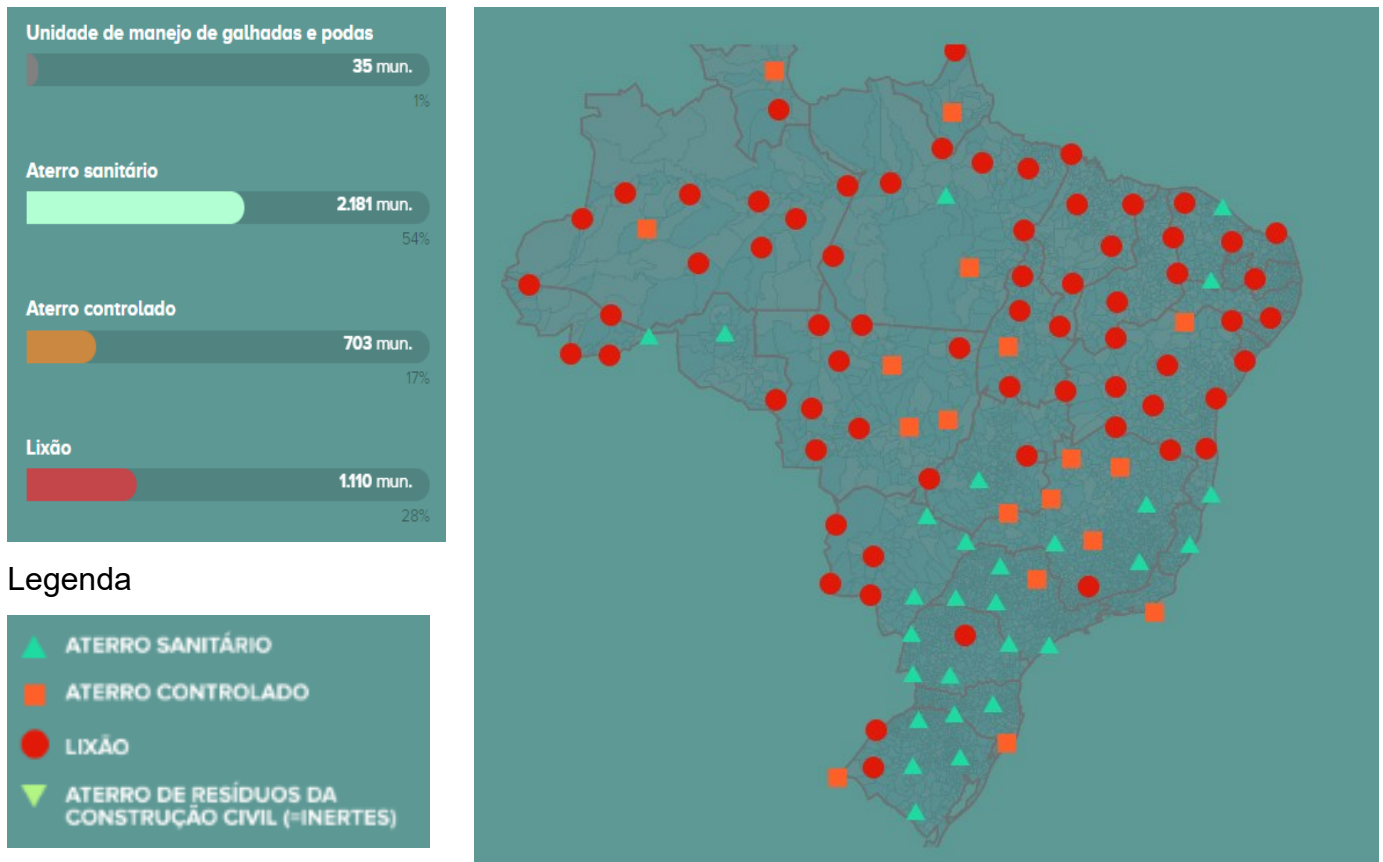
4.4.1 Aterro

Ao PNRS, Lei Complementar Nº 12.305 (2010), diz que a última alternativa para o resíduo é a disposição final ambientalmente adequada em aterros. No Brasil, têm-se três tipos de disposição final: os lixões, os aterros controlados e os aterros sanitários.

Os lixões, são reconhecidos como áreas de armazenamento de resíduos a céu aberto; os aterros controlados é o armazenamento dos rejeitos em áreas isentas de impermeabilização do solo; e os aterros sanitários é uma obra de engenharia que tem como objetivo acomodar no solo resíduos no menor espaço prático possível, causando o menor dano possível ao meio ambiente ou à saúde pública, consiste na compactação dos resíduos no solo, na forma de camadas que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte, vide CETESB (2020).

Na Figura 9, é possível identificar e localizar as unidades de disposição final de resíduo e suas áreas de abrangência, no mapa do território do Brasil.

Figura 9 - Total de municípios atendidos por tipo de unidade de disposição final.



Fonte: Adaptado pela autora, SINIER (2023).

4.4.2 Tratamento Térmico

Quanto aos tratamentos térmicos utilizados para resíduos, têm-se:

a) Autoclavagem, que consiste em manter os resíduos a uma temperatura elevada em contato com o vapor de água superaquecido sob condições controladas por um período suficiente para promover a desinfecção destruindo os microrganismos patogênicos do material contaminado ou reduzi-los a um número que não represente risco à saúde, segundo MARTINS (2019) e ELEUTÉRIO et al.(2008). Esse procedimento é realizado em um equipamento conhecido como autoclave;

b) Incineração, um método que queima os resíduos a temperaturas superiores a 1.000 °C, é um processo físico-químico de oxidação que resulta na transformação de materiais com redução de volume dos resíduos, destruição de matéria orgânica, em especial de organismos patogênicos. Além da utilização para resíduos de saúde, esse método também é bastante aplicado para dar destino final a

embalagens de agrotóxicos, de acordo com MARTINS (2019) e ELEUTÉRIO et al.(2008);

c) Micro-ondas, onde os materiais são submetidos à radiação eletromagnética de alta frequência gerando no final do processo uma temperatura em torno de 98 °C, conforme ELEUTÉRIO et al.(2008);

d) Pirólise, que consiste no aquecimento dos materiais a serem tratados em uma atmosfera sem a presença de oxigênio, podendo atingir temperaturas de até 1.000 °C, vide ELEUTÉRIO et al.(2008);

Estes tratamentos térmicos de resíduos são empregados para dar um destino final aos resíduos sólidos de saúde, com exceção da pirólise utilizada para o tratamento de uma variedade maior de resíduos, principalmente plásticos.

4.4.3 Blendagem Coprocessamento

A blendagem para coprocessamento é a descaracterização de lotes de resíduos sólidos ou líquidos excedentes em indústrias que, depois de triturados misturados, formam o '*blend*' – composto de alto poder calorífico que é utilizado como combustível alternativo para os fornos de produção de cimento, vide NOVA AMBIENTAL (2023).

O processo de blendagem se inicia na triagem de resíduos, ou seja, pelo processo de segregação, preparação, trituração e homogeneização do material, sejam sólidos ou líquidos, depois pela avaliação dos parâmetros de qualidade e ao final para a expedição para indústria de cimento, conforme ECOPETRO (2022). O coprocessamento é um meio de destinação final de resíduos que elimina completamente o material e evita o envio deste ao aterro.

A Resolução nº 264 do CONAMA (1999) aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos, excetuando-se os resíduos: domiciliares brutos, os resíduos de serviços de saúde, os radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

Esse destino de resíduos em fornos de produção de clínquer é uma técnica de utilização de resíduos sólidos industriais a partir do processamento desses como substituto parcial de matéria-prima e também como combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento, vide Resolução nº 264 do CONAMA (1999).

Esse processo não altera a qualidade do cimento e é praticado de forma segura e ambientalmente adequada, tanto para os trabalhadores do setor quanto para a comunidade que reside em torno das fábricas. O crescimento populacional e a crescente demanda por produtos trazem, entre outras consequências, aumento na geração de resíduos e consequentemente a busca por alternativas adequadas para a sua gestão, tornando este método sustentável e adequado para a destinação desses resíduos, conforme ABCP (2022).

A Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2022), traz como números no relatório emitido no ano de 2022, com base em 2021, que são 22.778 milhões de toneladas de resíduos coprocessados nos fornos de cimento de 1999 a 2021. Esses deixaram de ser destinados em aterros e foram transformados em energia ou substituindo matérias-primas utilizadas pela indústria do cimento.

As principais vantagens deste processo de acordo com o Panorama do Coprocessamento da ABCP (2022), são:

- Ambiental – preserva recursos naturais; reduz emissões dos gases que causam efeito estufa, diminui o passivo ambiental, impulsiona o crescimento de outras tecnologias adequadas de destinação;
- Social – gera empregos diretos e indiretos, contribui para a erradicação dos lixões e melhoria da saúde;
- Econômico – aumenta a vida útil de aterros sanitários, diminui custos de energia térmica.

4.4.4 Compostagem

A compostagem é uma forma de destinação final do resíduo ambientalmente adequada, de acordo com a PNRS, e trata o RSU transformando-os em adubo orgânico e devolvendo à matéria orgânica seu papel natural de fertilizar os solos (NUNES & WALDER, 2021).

4.4.5 Descontaminação de lâmpadas

Há associações que recebem as lâmpadas e que são responsáveis por operacionalizar a logística reversa destas lâmpadas que contém mercúrio em sua composição, essas disponibilizam pontos de entrega em estabelecimentos comerciais

em todo Brasil, para que pessoas físicas possam descartar suas lâmpadas usadas para posterior coleta segura, transporte e destinação correta em recicladores homologados.

O IMA, Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, iniciou a parceria entre os municípios pilotos de Águas Mornas e Angelina em 2020, e vem colhendo os frutos das campanhas sobre o descarte correto de lâmpadas e o volume coletado em 2021, que incluiu cidades com até 20.000 habitantes, atingiu 17.000 lâmpadas, fora o recolhimento de rotina nos dois municípios pilotos, que ultrapassou as 20.000 unidades, vide RECICLUS ((2021).

4.4.6 Fins didáticos

O Decreto nº 99.658 (1990), revogado pelo Decreto nº 9.373 (2018), detalha a classificação do material a ser descartado como ocioso, antieconômico e irrecuperável. O tipo de operação depende da classificação, se material ocioso só pode ser cedido a outro órgão ou doado para entidades autárquicas, fundacionais ou integrantes dos poderes Legislativo e Judiciário. Quando puder ser vendido, deve-se optar por concorrência, leilão ou carta-convite. Para os livros distribuídos pelo PNLD, deve-se estar atento ao período em que devem ser utilizados e a partir de quando podem ser considerados inservíveis e, portanto, sujeitos ao descarte, MEC (2005).

4.4.7 Reciclagem

Segundo a Comissão de Reciclagem da USP do Instituto de Química de São Carlos – IQSC (2017), reciclar significa refazer o ciclo, permitindo trazer de volta à origem, sob a forma de matéria-prima materiais que não se degradam facilmente e podem ser reprocessados, não apenas reduz a quantidade de lixo como recupera produtos, economizando energia, matéria-prima, além de reduzir a degradação ambiental.

A Lei Complementar Nº 12.305 (2010) define reciclagem como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

O Decreto Federal nº 11.043 (2022) traz as diretrizes, metas, estratégias e ações para modernizar a gestão de resíduos sólidos no País, de forma a colocar em prática as disposições constantes da lei. De acordo com o mesmo:

“Os índices de reciclagem dos principais materiais no Brasil permanecem em patamares consideravelmente baixos, apesar das diversas ações e iniciativas implementadas para estimular o maior aproveitamento e recuperação desses recursos. Algumas das razões para tal situação são: baixa adesão da população aos sistemas de coleta seletiva (seja por carência na infraestrutura dos serviços, seja por desconhecimento); mercados locais de comercialização e reciclagem de materiais inexistentes ou mal estruturados; cadeia logística oscilante e descontinuada, que não assegura constância, estabilidade e segurança no provimento dos materiais; elevada tributação incidente sobre as diferentes etapas, principalmente sobre a matéria-prima secundária; concorrência desleal com alternativas de destinação final inadequadas (lixões e aterros controlados).”

4.4.8 Recuperação Energética

A recuperação energética é a conversão de resíduos sólidos em combustível, energia térmica ou eletricidade por meio de processos, tais como digestão anaeróbia, recuperação de gás de aterro sanitário, incineração e coprocessamento, de acordo com Lei Complementar Nº 12.305 (2010).

Para utilizar a recuperação energética para tratar o resíduo gerado, é preciso comprovar a viabilidade técnica e ambiental e implantar programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental, conforme Lei Complementar Nº 12.305 (2010).

Essa tecnologia representa uma potencial solução para a diversificação da matriz energética do país, para o aumento da vida útil de aterros sanitários e a redução da emissão de gases de efeito estufa. A recuperação energética acontece na forma de calor, eletricidade ou combustíveis alternativos como os que são utilizados em usinas de cimento, produção de biogás em biodigestores e captação de gás metano em aterros sanitários, vide SINIR (2023).

A promoção de uma economia avançada de baixo carbono, sustentável e inovadora depende da superação de barreiras ao crescimento, do alcance de escala competitiva para atração de investimentos e de fatores como: previsibilidade e segurança jurídica; mecanismos de financiamento adequados; orientação e convergência de políticas; cooperação técnica e tecnológica para pesquisa e

desenvolvimento de novas tecnologias, bem como o amadurecimento das tecnologias disponíveis, conforme consta na Lei Complementar Nº 12.305 (2010).

4.4.9 Rerrefino

De acordo com a Resolução CONAMA nº 362 (2005), o uso prolongado de um óleo lubrificante acabado resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares potencialmente carcinogênicos, resinas e laca e sendo assim diz que todo óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos. Esse deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino.

4.4.10 Tratamento de Efluentes

A Resolução nº 430 do CONAMA (2011) define efluente como termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2022), menos da metade (42,6%) dos esgotos do país é coletado e tratado, sendo 39% da carga orgânica gerada e removida pelas 2.768 estações de tratamento de esgoto (ETE) existentes no Brasil. Diariamente, 9,1 mil t de efluentes são lançados nos corpos d'água.

De acordo com o Atlas do Esgoto no Brasil publicado pela ANA (2022), o efluente sem tratamento prejudica a qualidade da água, a saúde da população, dificultar o atendimento de usos da água nos corpos d'água a jusante, desfavorecendo o abastecimento humano, balneabilidade, irrigação, entre outros, conforme ATLAS ESGOTOS (2017).

4.4.11 Uso Agrícola

De acordo com PIRES & MATTIAZO (2008), é mundialmente difundido o uso de resíduos orgânicos urbanos como fertilizantes e/ou condicionadores do solo, destacando-se o composto de lixo e o lodo de esgoto.

Visto que a agricultura tem papel importante no PIB nacional e a demanda por fertilizantes é grande e uma boa parcela é importada, a viabilização de fontes alternativas é uma estratégia com potencial de minimizar esse problema. A utilização de resíduos como fertilizantes, sejam de origem agropecuária, urbana ou industrial, deve considerar também a probabilidade de apresentarem contaminantes em sua composição, de acordo com PIRES & NUNES (2021) e PIRES & MATTIAZO (2008).

O uso de resíduos como fertilizantes atende requisitos da economia circular, economia verde, resíduo zero, entre outras. As questões das mudanças climáticas precisam ser consideradas, uma vez que diferentemente de fertilizantes minerais, os resíduos apresentam emissão zero de carbono no que se refere à sua geração representando aumento no acúmulo de carbono no solo, mitigando as emissões de gases de efeito estufa, segundo PIRES & NUNES (2021).

Também se tem conhecimento da utilização da cinza, resultante da queima de biomassa, em alguns lugares para correção de pH dos solos agrários. A biomassa é de origem da queima dos materiais presentes em cada região. Assim, é necessário estudar os efeitos benéficos de acordo com o material utilizado na queima para promover o crescimento das culturas de cada local.

4.5 ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE

4.5.1 Considerações iniciais

Para AGLIERI et al. (2016), o desafio para a indústria está em aliar o desempenho econômico a práticas de gestão inovadoras, que incluem: ecoeficiência dos processos, ecodesign de produtos, respeito aos direitos humanos, uso de recicláveis, logística reversa, segurança no trabalho, edifícios sustentáveis, preocupação com a cadeia de suprimentos, entre outras.

De acordo com o IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (2023), as emissões líquidas globais de GEE antropogênicas foram estimadas em 59

± 6,6 GtCO₂-eq em 2019, cerca de 12% (6,5 GtCO₂-eq) a mais do que em 2010 e 54% (21 GtCO₂-eq) a mais do que em 1990, com a maior participação e crescimento nas emissões brutas de GEE ocorrendo no CO₂ da combustão de combustíveis fósseis e processos industriais.

Ainda no IPCC (2023) em 2019, aproximadamente 79% das emissões globais de GEE vieram dos setores de energia, indústria, transporte e edificações combinados e 22% da agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU).

Para AGLIERI et al.(2016), a pegada de carbono está vinculada às mudanças climáticas que mede a quantidade total de GEE gerados direta ou indiretamente por um indivíduo, população ou organização, sendo a principal causa das mudanças climáticas, responsável pelo aumento da temperatura em escala mundial e a pegada hídrica está ligada à escassez de água doce. Os processos industriais são potencializadores e a gestão ambiental se torna parte intrínseca dos processos convencionais fazendo com que a indústria venha migrando para novos paradigmas produtivos. Isso inclui movimentos pela utilização de fontes alternativas de energia; consumo social e ambientalmente responsável; incremento da ecoeficiência de transformação de materiais, de conversão e consumo de energia e água; investimentos para conservação de recursos naturais; e política para cumprimento dos direitos humanos e condições dignas de trabalho.

Conforme publicação do IPCC (2023), a redução das emissões de GEE da indústria envolve uma ação coordenada em todas as cadeias de valor para promover todas as opções de mitigação, como:

- Gestão da demanda;
- Eficiência energética e de materiais;
- Fluxos circulares de materiais;
- Tecnologias de redução;
- Mudanças transformacionais nos processos de produção; e
- Potencial de mitigação de emissão de GEE voltada para a demanda de 2050, com possível redução de emissões total de 29% de CO₂ eq.

Para o cálculo das emissões de gases de efeito estufa, os limites organizacionais são tratados de acordo com as regras estabelecidas, que dependem da estrutura legal e operacional da empresa, para abordar e consolidar o GEE, depois registra e comunica.

De acordo com ESG NOW (2023), a principal metodologia que auxilia a exemplificar melhor os esforços públicos e privados no combate climático é o Potencial de Aquecimento Global (PAG), este indicador de impacto ambiental serve como um ranking que aponta a capacidade de um gás reter radiação em suas moléculas e dessa forma aprisionar o calor que não volta ao espaço e fica preso dentro da atmosfera terrestre.

Na Tabela 3, vide ESG NOW (2023), têm-se que o primeiro gás é o CO₂ e o seu valor de GWP é 1. Este gás foi selecionado para ser o basal do ranking, ou seja, qualquer outro gás da atmosfera tem potenciais de capturar energia radioativa X vezes maior que o CO₂.

Tabela 3-Potencial de Aquecimento Global (PAG), equivalência de CO₂ para outros gases de efeito estufa.

Gás	Potencial de Aquecimento Global (PAG)	Sinal do Componente Indireto de PAG
Dióxido de Carbono	1	Nenhum
Metano	11	Positivo
Óxido Nitroso	270	Incerto
CFC-11	3400	Negativo
CFC-12	7100	Negativo
HCFC-22	1600	Negativo
HFC-134 ^a	1200	Nenhum

Fonte: Primeiro Report IPCC (1990) apud ESG NOW (2023).

Essa ação de equivaler todos os gases é para facilitar a comunicação dos impactos climáticos. Logo, o termo Carbono Equivalente refere-se ao volume de todos os gases emitidos em uma determinada atividade que equivale a Y vezes o carbono, conforme Tabela 4, vide ESG NOW (2023).

Tabela 4 - Exemplo de comunicação das emissões de Gases de Efeito Estufa.

Gás de Efeito Estufa	Toneladas	PAG - ARS - 100 anos	Toneladas em CO ₂ eq
CO ₂	100	1	100
CH ₄	1,5	28	42
N ₂ O	0,5	265	132,5
Total	102	0	274,5

Fonte: ESG NOW (2023).

O Protocolo Gases de Efeito Estufa (*GHG Protocol*) foi elaborado pelo WRI (*World Resources Institute*) e WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*). De acordo como o ESG NOW (2023), o objetivo é estruturar e padronizar a contabilidade, garantindo a precisão e transparência, pôr na prática o ato de gerar inventários e adequar cálculos e contabilizações para distintos setores. Usam-se duas abordagens para a consolidação dos limites organizacionais: controle operacional e participação societária, conforme AGLIERI et al.(2016).

O Governo Federal do Brasil em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), disponibiliza o *GHG Protocol* para apoiar a construção dos inventários de carbono e os cálculos de cada categoria. Exemplifica-se como é possível calcular; quais dados; como gerar/obter esses dados; estimativas permitidas; qualidade dos dados; precaução na seleção da informação; recorrência na construção dos inventários; como mobilizar os fornecedores, conforme ESG NOW (2023). Trata-se plataforma online que auxilia as organizações na publicação de seus inventários de emissões corporativas de GEE, sendo a maior base de dados pública de inventários corporativos de GEE da América Latina de acordo com a Fundação Getúlio Vargas, FGV (2023).

O objetivo do *GHG Protocol*, segundo FGV (2023), é estimular a cultura corporativa de inventário de emissões de GEE no Brasil, proporcionando aos participantes acesso a instrumentos e padrões de qualidade internacional para contabilização das emissões e publicação dos inventários.

Os motivos para se fazer o inventário, de acordo com FGV (2023), são:

- a) “Como ferramenta de gestão: monitoramento das emissões ao longo do tempo (dados históricos), estabelecimento de metas e indicadores, implementação de processo de melhoria interna: educação de emissões, economia de recursos, aumento da eficiência;
- b) Competitividade: abertura a novos mercados, participação em programas regionais e globais, acesso a linhas de créditos especiais, resposta aos investidores; desenvolvimento da pegada de carbono de produtos e serviços informações ao cliente;
- c) Transparência: reconhecimento por parte dos stakeholders (investidores, clientes, parceiros); reputação e credibilidade da organização em seu meio; uso dos dados do

inventário em outras iniciativas, como: *Carbon Disclosure Project CDP*, *Global Reporting Initiative GRI*, Índice Carbono Eficiente ICO2, Índice de Sustentabilidade Empresarial ISE, *Dow Jones Sustainability Index DJSI*."

Outra forma de acompanhar emissões de GEE é o SIRENE -Sistema de Registro Nacional de Emissões (2023), que é um sistema computacional desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), cujo objetivo principal é disponibilizar os resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal, assim como disponibilizar as informações relacionadas a outras iniciativas de contabilização de emissões, tais como as Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa e o inventário do Relatório de Atualização Bienal.

De acordo com COMPENSA (2023), para cálculo de emissões de CO₂ via terrestre, têm-se dois métodos: a partir do volume de combustível consumido (*fuel based*) ou distância percorrida (*distance based*). O método via combustível calcula as emissões diretamente pelo consumo, e via distância estima indiretamente esse consumo a partir das características da viagem. O método via combustível é mais preciso, para o cálculo a considerar a quantidade de combustível consumido; categoria do veículo (entregas fracionadas); peso e volume da carga (entregas fracionadas).

Optou-se por calcular a quantidade de CO₂ equivalente que poderia ser gerado no transporte deste material através da quantidade total e da distância sugestiva para o resíduo gerado nos anos de 2020 e 2021, com base no GHG Protocol.

Para o cálculo utilizou-se a seguinte equação:

$$E = f \cdot d \cdot m \quad (1)$$

onde:

E = emissões (em kgCO₂ equivalentes)

f = fator de emissão do veículo (em kgCO₂ equivalentes/ ton * km)

d = distância (km)

m = massa da carga (kg)

O fator de emissão do combustível é um valor para converter a quantidade consumida em emissões de CO₂, sendo obtidos através de estudos de combustão. A Tabela 5 apresenta os fatores de emissão indicados pelo Programa Brasileiro GHG.

Tabela 5 - Fator de emissão do veículo indicando sua pegada por quilômetro rodado e tonelada transportada.

Categoria (GHG Protocol)	Fator de emissão do veículo (kgCO₂e/km)
Van - média (até 3,5 toneladas)	0,228412
Van - classe I (até 1,305 toneladas)	0,138987
Van - classe II (1,305 a 1,74 toneladas)	0,1729067
Van - classe III (1,74 a 3,5 toneladas)	0,252576
Caminhão - rígido (média)	0,7570232
Caminhão - rígido (3,5 a 7,5 toneladas)	0,4566276
Caminhão - rígido (7,5 a 17 toneladas)	0,557406
Caminhão - rígido (acima de 17 toneladas)	0,9076848
Caminhão - articulado (média)	0,8621611
Caminhão - articulado (3,5 a 33 toneladas)	0,729804
Caminhão - articulado (acima de 33 toneladas)	0,8683371

Fonte: (COMPENSA, 2023).

Quanto a carga total transportada no veículo, pode ser considerada a Tabela 6, com as cargas médias usualmente transportadas por veículos de transporte.

Tabela 6 - Carregamentos médios usualmente transportadas por veículos de carga.

Categoria (GHG Protocol)	Carga média transportada (ton)
Van - média (até 3,5 toneladas)	0,4
Van - classe I (até 1,305 toneladas)	0,18
Van - classe II (1,305 a 1,74 toneladas)	0,29
Van - classe III (1,74 a 3,5 toneladas)	0,45
Caminhão - rígido (média)	3,86
Caminhão - rígido (3,5 a 7,5 toneladas)	0,99
Caminhão - rígido (7,5 a 17 toneladas)	1,73
Caminhão - rígido (acima de 17 toneladas)	5,28
Caminhão - articulado (média)	11,21
Caminhão - articulado (3,5 a 33 toneladas)	6,1
Caminhão - articulado (acima de 33 toneladas)	11,43

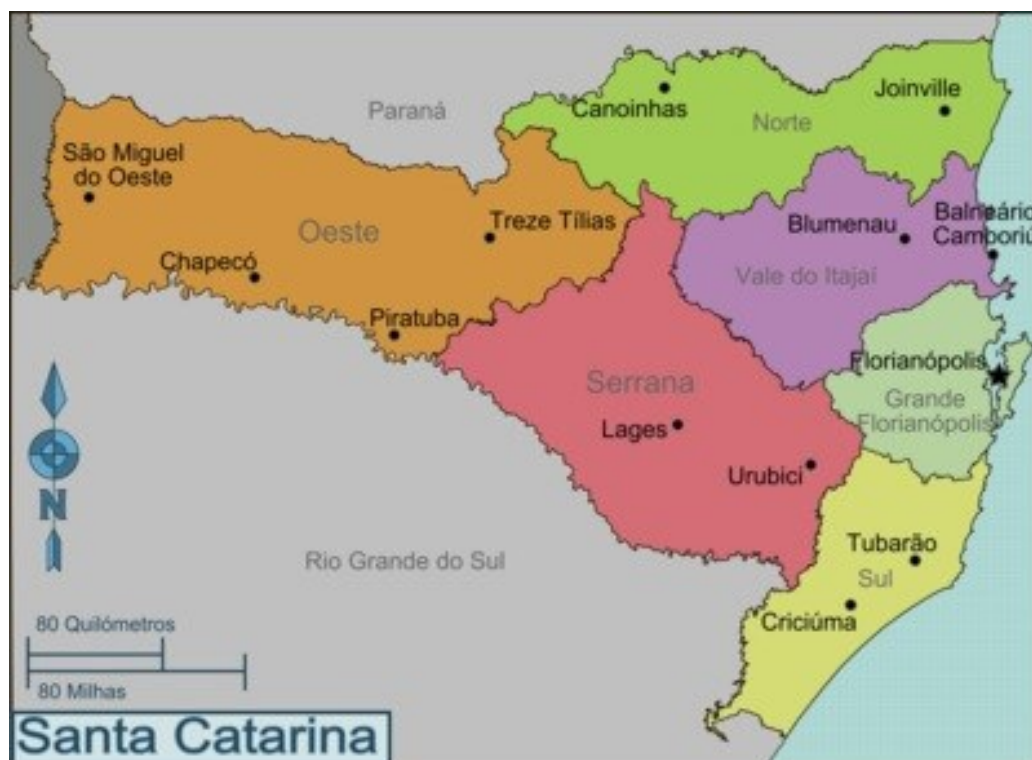
Fonte: (COMPENSA, 2023).

Logo, para cálculo das emissões de gases de efeito estufa, serão utilizados os parâmetros propostos nesta pesquisa.

4.6 CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS REGIONAIS DE SANTA CATARINA

O Estado de Santa Catarina é um dos três estados da região Sul do Brasil, que faz fronteira com os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, além da vizinha Argentina, a oeste. Com 95.346,181 km², é o oitavo menor da federação em extensão territorial, conforme LOPES (2019), estando dividido em seis mesorregiões mostradas na Figura 10: Grande Florianópolis, Norte, Vale do Itajaí, Planalto Serrano, Sul e Oeste. Entre as maiores cidades, destacam-se Blumenau, Caçador, Canoinhas, Chapecó, Concórdia, Criciúma, Florianópolis, Itajaí, Jaraguá do Sul, Joaçaba, Joinville, Lages, Mafra, Rio do Sul, Tubarão, e São Miguel do Oeste, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

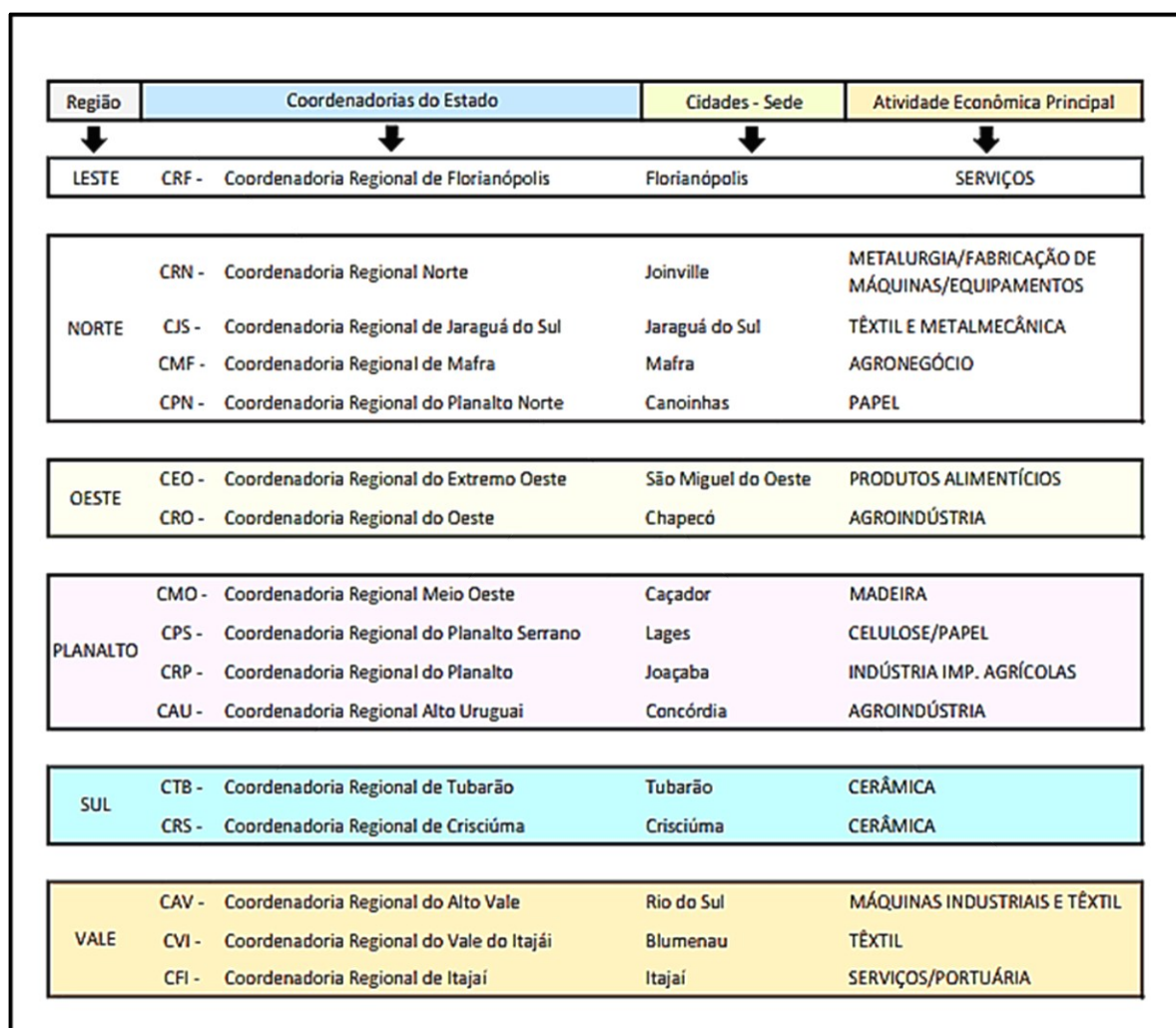
Figura 10 – Mapa de Santa Catarina com a distribuição das 6 mesorregiões e cidades representativas.



Fonte: LOPES (2019).

Diante da distribuição das regiões do estado, com as coordenadorias regionais, indicando suas cidades sedes e as principais atividades econômicas de cada uma, têm-se o organograma na Figura 11.

Figura 11 – Organograma das Regiões de Santa Catarina, cidades e atividades econômicas principais.



Fonte: Adaptado pela autora, 2023.

Na sequência, será descrita cada região, de acordo com sua principal atividade econômica.

4.6.1 BLUMENAU E VALE DO ITAJAÍ, CVI - TÊXTIL

A cidade de Blumenau é conhecida em todo o Brasil como a que possui maior influência germânica em sua cultura e história, é a mais populosa da região e também a de maior força econômica, servindo como sede para as principais indústrias têxteis do País, oferecendo artigos têxteis e produtos em cristais, reconhecidos nacionalmente e internacionalmente, de acordo com a Prefeitura de Blumenau (2023) e SEBRAE (2019).

É importante ressaltar, conforme LIMA & SANSON (2008), que assim como aconteceu com outras fábricas no restante do Brasil a partir de 1880, em Santa Catarina também houve surto de investimento e criação de novas fábricas inicialmente voltadas para seus respectivos mercados regionais, como a Comercial Gebrüder Hering e a Roeder, Karsten & Hadlich, em Blumenau; a Döhler, em Joinville; e a fábrica de Carlos Renaux, em Brusque.

4.6.2 CAÇADOR, CMO – MADEIRA

O município de Caçador está localizado no Alto Vale do Rio do Peixe, no Meio-Oeste de Santa Catarina. Destaca-se na produção de olericultura, fruticultura e possui mais de 230 estabelecimentos industriais, tendo a madeira como matéria-prima principal, conforme Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Seu desenvolvimento está ligado à estrada de ferro SP-RS, em que a economia girava em torno da exploração de madeira e sua produção era escoada para todo Brasil, fazendo que chegasse a ter 200 serrarias citado no Portal RBV (2023). Inclusive grande parte da madeira utilizada para a construção de Brasília veio dessa região, o que mostra a pujança do setor e a riqueza da matéria-prima da região, vide CAÇADOR NET (2023).

Com a modernização da indústria da madeira, esse permanece sendo o ramo mais significativo da economia do município. Através de suas próprias florestas, o município produz madeira serrada, celulose, papel, papelão, mobília, entre outros derivados, sendo destaque como um dos maiores exportadores do Estado em móveis, MDF, portas e embalagens de papel, segundo Portal RBV (2023).

4.6.3 CANOINHAS, CPN – BENEFICIAMENTO DE PAPEL

O município de Canoinhas está localizado no Planalto Norte de Santa Catarina e na economia destaca-se a produção histórica de erva-mate, que atualmente divide importância com outros produtos agrícolas e com a indústria de beneficiamento de papel, conforme o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Depois do período bélico, que foi entre 1912 e 1916, em que teve a Guerra do Contestado, tendo a vila e povoados atacados, Canoinhas alcançou uma fase de grande desenvolvimento, sendo a economia reativada pelo extrativismo vegetal da erva-mate e da madeira. Esse ciclo durou até meados de 1930, quando a economia ervateira entrou em franca decadência, vide Portal da Prefeitura Municipal de Canoinhas (2023).

4.6.4 CHAPECÓ E REGIÃO OESTE, CRO – AGROINDÚSTRIA

Esta região e o município de Chapecó é considerado o polo agroindustrial do Sul do Brasil e centro econômico, político e cultural do oeste do Estado, destaca-se economicamente na exportação de produtos alimentícios industrializados de natureza animal, conhecida como Capital Latino-Americana de Produção de Aves e Centro Brasileiro de Pesquisas Agropecuárias, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

A Sociedade Amigos de Chapecó – SACH (2012) relata que teve início em 1917 com o primeiro ciclo econômico representado pela extração da madeira e da erva-mate até 1950. Em seguida, a pecuária e a agricultura passaram a ocupar as terras que foram desmatadas e criaram condições para o surgimento das agroindústrias.

A agroindústria se consolida e ganha grande impulso em Chapecó na década de 1970 e neste período instala-se o frigorífico da Sadia, que contou com intensa mobilização da sociedade. O crescimento e expansão das agroindústrias fez delas, junto com a agricultura, a base econômica de Chapecó e Região.

No período de expansão e consolidação da agroindústria de carnes, havia uma quantidade restrita de produtores, com a adoção do cooperativismo passou a ser mais abrangente. Atualmente, o setor de carnes de suínos e aves é um dos mais desenvolvidos e mais competitivos em nível mundial, levando em consideração

apenas questões ambientais, de sanidade, de competitividade em escala mundial, de carências de insumos, de fragilidades da logística, de crises econômicas mundiais, de acordo com SACH (2012).

4.6.5 CONCÓRDIA, CAU – AGROINDÚSTRIA

O município de Concórdia situa-se na região oeste catarinense, na microrregião do Alto Uruguai, sediando entidades tecnológicas e empresariais de expressão estadual e nacional, segundo o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

A economia da região tem influência da agricultura, pecuária e da indústria de produtos de suínos e aves, principal motivador para a permanência de produtores na área rural, sendo predominante as agroindústrias familiares, o pequeno agricultor e o sistema desenvolvido pelas grandes agroindústrias denominado 'integração' (granjas que abastecem o setor), considerando que a SADIA S/A foi fundada neste município sendo considerada um dos maiores produtores de alimentos (suínos e frangos) após a fusão com a PERDIGÃO, transformando-se na BRF – *Brazil Foods*, conforme o Portal da Prefeitura Municipal de Concórdia (2017).

4.6.6 CRICIÚMA, CRS – CERÂMICA

O município de Criciúma está localizado no sul catarinense e é conhecido por ser a Capital Brasileira do Carvão e do Revestimento Cerâmico, mas também se destaca nos setores metalúrgicos, supermercadista, vestuário, construção civil e setor químico, vide Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Conforme Portal Encontra Criciúma (2023) e Câmara Municipal de Criciúma (2023), têm-se um histórico do município que conta que em 1913 teve início o ciclo do carvão com a descoberta das primeiras jazidas do minério. Isso promoveu o desenvolvimento econômico, gerando empregos e atraindo investimentos, ficando conhecida como a “Capital Brasileira do Carvão”. A partir de 1947, a indústria cerâmica passou a se desenvolver elevando a cidade a um dos grandes polos produtores mundiais, sendo reconhecida pela sua qualidade, com dimensão internacional, competindo com a Itália e a Espanha no mercado mundial, com fabricantes de renome como Cecrisa e Eliane. Também na indústria de descartáveis plásticos é a mais

importante do país, respondendo por cerca de 90% da produção nacional de copos, pratos e bandejas plásticas. O setor de vestuário também representa o terceiro polo de jeans do Brasil.

4.6.7 FLORIANÓPOLIS, CRF – SERVIÇOS

A cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, conhecida como 'Ilha da Magia', situa-se no litoral catarinense com uma parte insular (ilha de Santa Catarina) e outra parte continental incorporado à cidade em 1927, sendo a construção da ponte pênsil Hercílio Luz, com 820 m de comprimento, ligou a ilha ao continente, vide Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

De acordo com Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina – Florianópolis, divulgado pelo SEBRAE (2019), a capital catarinense tem como destaque econômico o setor de serviços, com forte presença das micro e pequenas empresas, sendo o principal responsável pela manutenção da empregabilidade da população local.

4.6.8 ITAJAÍ, CFI – SERVIÇOS E PORTO

A cidade de Itajaí está situada no encontro do Rio Itajaí-Açu com o mar, no litoral norte de Santa Catarina, tem uma forte ligação com a navegação abrigando um dos maiores complexos portuários do país. O Porto de Itajaí é o segundo porto brasileiro em movimentação de cargas e contêineres, sendo o maior exportador de carnes congeladas do Brasil, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Para Itajaí, a participação do segmento de serviços é a mais significativa, seguida pela Indústria. Juntas, essas áreas somam próximo de 90% de participação no valor adicionado, considerando também que o setor de serviços engloba a maior quantidade de empreendimentos sendo também o líder em geração de empregos, segundo o Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina – Itajaí publicado pelo SEBRAE (2019).

4.6.9 JARAGUÁ DO SUL, CJS – TÊXTIL E METALMECÂNICA

O município de Jaraguá do Sul está localizado na região norte do Estado, constitui um parque industrial diversificado com malharias e confecções, metalomecânica parapentes e produtos alimentícios, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Tem no seu parque industrial a multinacional WEG, fundada em 1961 e que representa um capítulo importante para o desenvolvimento do município. Trata-se de uma empresa global de equipamentos eletroeletrônicos que atua no setor de bens de capital com soluções em máquinas elétricas, automação e tintas, para diversos setores, incluindo infraestrutura, siderurgia, papel e celulose, petróleo e gás, mineração, entre muitos outros. É destaque em inovação pelo desenvolvimento de soluções para atender as grandes tendências voltadas à eficiência energética, energias renováveis e mobilidade elétrica, segundo a OCP (2021).

4.6.10 JOAÇABA, CRP – IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

O município de Joaçaba está localizado no meio oeste do Estado e a sua economia teve início com a exploração da madeira e da erva-mate e logo após com lavouras de trigo. Atualmente, a indústria de equipamentos agrícolas e de máquinas juntamente com a agropecuária são as principais atividades econômicas do município, conforme Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Por volta de 1930, as rodoviárias eram precárias e a estrada de ferro passava a ter importância decisiva no escoamento da produção e no abastecimento dos colonizadores, então começaram a surgir as primeiras indústrias de implementos agrícolas acentuando-se as atividades comerciais e formando-se a base econômica do município que passou a liderar uma região potencialmente produtiva, de acordo com a Prefeitura de Joaçaba (2022).

4.6.11 JOINVILLE, CRN – METALURGIA, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O município de Joinville é a maior cidade e polo industrial catarinense, localizado no norte do Estado de Santa Catarina, segundo o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Os setores de serviços e indústria são responsáveis pelo desempenho do PIB catarinense e tem Perini Business Park é o maior parque empresarial multissetorial da América do Sul. Com mais de 2,8 milhões de m² de área, está localizado no Distrito Industrial de Joinville, no Norte de Santa Catarina de acordo com o site Perini Business Park (2025). Conta com 240 empresas de diversos segmentos instaladas, como metal mecânico, plástico, automobilístico, químico e do setor logístico, vide portal NDMAIS (2021).

4.6.12 LAGES, CPS – CELULOSE E PAPEL

O município está localizado na Serra Catarinense é conhecida como a Capital do Turismo Rural e a Terra da Festa do Pinhão. Tem destaque para a agropecuária, processamento de madeira e comércio, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

A economia de Lages era baseada na indústria extrativa de madeira (até 1960). No entanto, nos últimos anos estavam se esgotando lentamente as reservas de pinheiro nativo (Araucária). Assim, o desenvolvimento industrial na região vem sendo estimulado com a matéria prima própria produzindo celulose, papel, embalagens, laminados e madeiras em geral para construções, esquadrias e móveis, segundo o portal Lageano (2023).

4.6.13 MAFRA, CMF - AGRONEGÓCIO

Está na região norte do Estado, é caracterizada pela sua produção de mel, conforme Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

Destaca-se no cenário agrícola catarinense, na produção de cereais, com ênfase para soja e se sobressai na produção de madeira, tendo mais 40 mil hectares de área plantada, de acordo com a Prefeitura Municipal de Mafra (2022).

4.6.14 RIO DO SUL, CAV – MÁQUINAS E TÊXTIL

O município de Rio do Sul está localizado na Região do Vale do Itajaí se destaca na oferta de indústrias e confecções de jeans, vide Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

O setor mais impulsionado em 2021 foi o de serviços. Antes reconhecida principalmente como polo industrial e têxtil, está se transformando em um grande centro de comércio nas últimas duas décadas. Quanto as exportações, estão concentradas nas áreas de pecuária e maquinário industrial, conforme o portal NSC TOTAL (2021).

De acordo com MACEDO (2023), do Observatório Geográfico da América Latina, é bastante relevante observar que um município que inicia a sua trajetória como a economia rural mais dinâmica do estado desde 1939, avança as décadas seguintes com intensa industrialização, abrindo mão de áreas agrícolas e concentrando nas atividades de indústria, comercio e serviços.

4.6.15 SÃO MIGUEL DO OESTE, CEO – ALIMENTOS

O município de São Miguel do Oeste está localizado na Região Oeste de Santa Catarina. Sua criação foi resultado do envolvimento de todos os habitantes do local devido à chegada de caravanas de colonos procedentes do Rio Grande do Sul. Não havia mínimas condições para uma vida confortável faltando estradas, escolas, médicos, remédios, comida. O governo não arrecadava os impostos e os contribuintes não iam até Chapecó para pagá-los. Sem dinheiro, o Governo não destinava recursos para atender a população, conforme o Portal do Estado de Santa Catarina (2023) e IBGE (2022).

A exportação de madeiras através de balsas, pelo curso do rio Uruguai, era a única atividade econômica. Porém, a grande seca registrada entre os anos de 1943 a 1946 impediu o transporte de madeira, segundo IBGE (2023).

Em 1946, após um surto de febre tifoide que dizimou a população, junto com a extração de madeira surgiam as primeiras lavouras de cultivo de trigo, soja, fumo e outros cereais. A suinocultura, somada à agricultura e à extração da madeira, formaram a base econômica da região, conforme IBGE (2023).

4.6.16 TUBARÃO, CTB - CERÂMICA

O município de Tubarão está localizado na região sul de Santa Catarina e é sede da Associação dos Municípios da Região de Laguna - AMUREL, sendo a segunda cidade em população do sul de Santa Catarina. Tem sua principal atividade econômica ligada ao comércio, à agricultura e à pecuária, com destaque para empresas do setor de cerâmica, de acordo com o Portal do Estado de Santa Catarina (2023).

A indústria é sua área de destaque, sendo reconhecido pelos produtos cerâmicos, que geram R\$ 68,5 milhões em valor agregado por ano, com desempenho ainda melhor na fabricação de bebidas não alcoólicas, em torno de R\$ 126 milhões, vide Portal NEGÓCIOS-SC (2023).

5 METODOLOGIA

5.1 MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS

Para esta pesquisa, foram solicitados junto ao Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA-SC) os manifestos de transportes de resíduos do estado emitidos nos anos de 2020 e 2021. Na época, foram disponibilizados os relatórios de resíduos gerados em cada coordenadoria regional e os relatórios emitidos de acordo com o Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) identificando a natureza da atividade econômica, tipo de resíduo gerado conforme lista do IBAMA, quantidades e tecnologia de destinação final e por gerador.

O IMA é o órgão ambiental da esfera estadual do Governo de Santa Catarina, com sede administrativa em Florianópolis, com 16 gerências regionais distribuídas em todo o Estado. Foi criado em 2017, em substituição à FATMA (Fundação do Meio Ambiente), que atuou por 42 anos. Sua missão maior é implementar políticas públicas para proteger o meio ambiente, assegurar o uso adequado dos recursos naturais, a conservação e a recuperação dos ecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade e qualidade ambiental, ou seja, para o desenvolvimento ambiental, social e econômico do Estado, de acordo com informações disponíveis no site do IMA (2024).

Os manifestos de transportes de resíduos (MTR's) acompanham cada carregamento e tem as seguintes informações: numeração sequencial; discriminação de resíduos sólidos, classe, estado físico, quantidade, acondicionamento e código segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT); e identificado o destinador, transportador veículo e destinação final. Conforme SINIR (2023) e Lei Estadual Nº 15.442 (2011), o MTR deve ter o formato mostrado na Figura 12.

Figura 12 -Modelo de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR).

MTR Provisório nº P37833

MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS - (PROVISÓRIO)



Identificação do Gerador						
Razão Social: Feam Gerenciamento de Resíduos - 30134					CPF/CNPJ: 78.798.945/0001-32	
Endereço: Rodovia Papa João Paulo II, nº S/N				Telefone:		data da emissão: nome e assinatura do responsável
Município: Belo Horizonte		Estado: MG		Fax/Tel:		
Nome do Responsável pela Emissão				Cargo		
Identificação do Transportador						
Razão Social:					CPF/CNPJ:	
Endereço:				Telefone:		data do transporte: nome e assinatura do responsável
Município:		Estado:		Fax/Tel:		
Nome do Motorista				Placa do Veículo		
Identificação do Destinador						
Razão Social:					CPF/CNPJ:	
Endereço:				Telefone:		data do recebimento: nome e assinatura do responsável
Município:		Estado:		Fax/Tel:		
Nome do Responsável pelo Recebimento				Cargo		
Observações do Gerador						
Identificação dos Resíduos						
Item, Código IBAMA e Denominação	Quantidade	Unidade	Acondicionamento	Classe	Estado Físico	Tecnologia
Identificação do Armazenador Temporário - AT						
Razão Social:				CNPJ:		Data de recebimento no AT: nome e assinatura do responsável
Endereço:				Telefone:		
Município:		Estado:		Fax/Tel:		
Identificação do Transportador - AT para o Destinador						
Razão Social:					CPF/CNPJ:	
Endereço:				Telefone:		nome e assinatura do responsável
Município:		Estado:		Fax/Tel:		
Nome do Motorista				Placa do Veículo		
Observações do Armazenador						

Fonte: SINIR, (2023).

Diante dos relatórios emitidos com base nos manifestos de resíduos, iniciou-se um trabalho manual quantitativo de filtro e digitalização de dados, pois não foi possível o fornecimento destes relatórios em formato digital que fosse possível adotar programa que tornasse o trabalho mais ágil.

Diante da análise, devido à amplitude da pesquisa, foi decidido focar em materiais inorgânicos não-metálicos, de empresas que gerassem resíduos em quantidades iguais ou maiores que 100t/ano, no estado de Santa Catarina a nível nacional.

Os dados foram digitalizados em plataforma *Excel* para que pudessem ser filtrados, gerando os quantitativos e gráficos de acordo com as regiões.

De acordo com o parágrafo 2º da Lei Estadual Nº 15.442 (2011), o gerador, o transportador e o destinador devem atestar, sucessivamente a efetivação do embarque, transporte e recebimento dos resíduos, por meio de assinatura, carimbo, selo, ou equivalente, aposto no documento MTR, e reter uma via para arquivo à disposição da fiscalização. Também o destinador fica obrigado a emitir o Certificado de Destinação Final do resíduo (CDF), conforme Figura 13.

Figura 13 - Modelo de Certificado de Destinação Final (CDF).

	Certificado de Destinação Final	CDF nº 1163504/2022		
Página 1 de 1				
Período: 15/02/2022 até 15/02/2022				
CETRIC - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais e Comerciais de Chapecó Ltda, CPF/CNPJ 04.647.090/0001-68 certifica que recebeu, em sua unidade de Chapecó - SC, do Gerador indicado e no período relacionado, para tratamento e destinação final, os resíduos listados abaixo.				
Identificação do Gerador				
Razão Social:		CPF/CNPJ: €		
Endereço: Rua Assis Brasil - E	Município: Chapecó	UF: SC		
Identificação dos Resíduos				
Resíduo	Classe	Quantidade	Unidade	Tecnologia
1. Classe C - Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, Classe C conforme Resolução CONAMA 307/02	Classe C (RCC)	0,04000	Tonelada	Aterro
Observações				
Declaração				
Este documento (CDF) certifica o recebimento e a respectiva destinação final dos resíduos e rejeitos acima relacionados, utilizando-se as tecnologias mencionadas e a validade desta informação está restrita aos resíduos e rejeitos aqui declarados e a suas respectivas quantidades, sob as penas da lei.				
Chapecó, 04/03/2022				
Responsável Técnico				
MTRs incluídos				
2112292209				
 Acesso Angelo Baldissera CH 20, Km 05, S/Nº, nº. S/N - Linha Água Amarela - Caixa Postal 588 Cep 89801970 - Chapecó - SC CDF Emitido no Sistema MTR do IMA - Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina				

Fonte: Adaptado pela autora.

Esse documento pode ser emitido somente pelo destinatário, por períodos definidos pelos responsáveis, informando um ou mais carregamentos recebidos em determinado intervalo de tempo, e deve conter numeração sequencial, identificação do gerador, bem como discriminação dos diferentes tipos de resíduos, sendo classe, estado físico, quantidades e tecnologias de tratamento. Além disso, deve ser assinado por profissional técnica e legalmente habilitado.

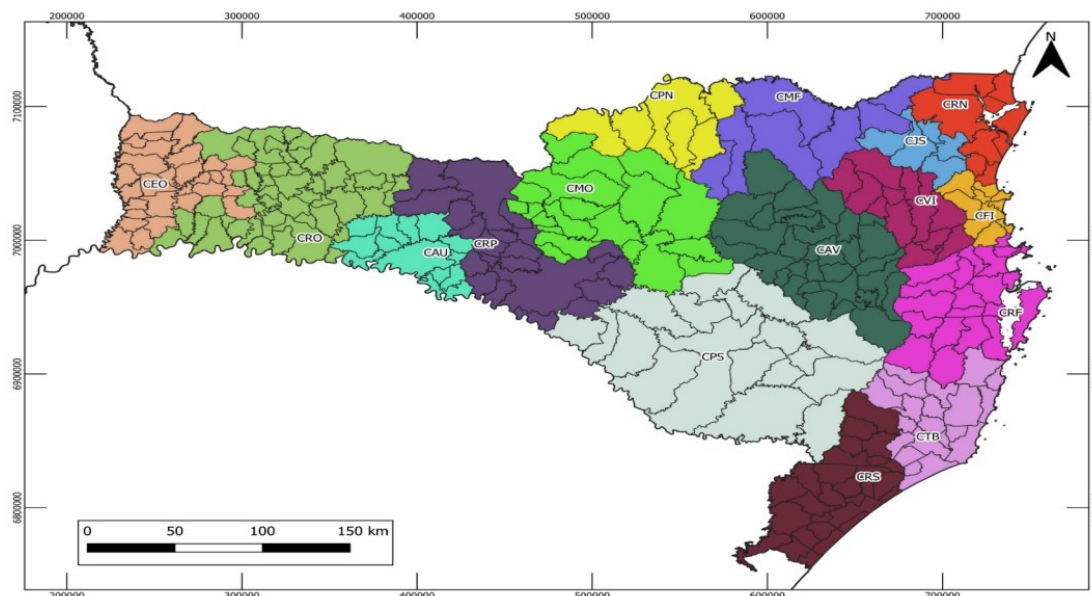
Em conformidade com a Lei Estadual Nº 15.442 (2011), os destinadores devem apresentar, mensalmente, ao órgão ambiental competente, relatório sobre atividades. Anualmente os geradores, destinadores e transportadores devem apresentar uma declaração formal contendo as quantidades de resíduos gerados, armazenados, transportados e destinados.

De acordo com a Lei Estadual 15.251 (2010), é solicitado que geradores, destinatários e transportadores de resíduos industriais emitam obrigatoriamente uma declaração anual, contendo identificação, discriminação dos resíduos, quantidades geradas, armazenadas, transportadas ou destinadas, bem como tecnologia de tratamento aplicada e identificação da origem ou destino dos diversos resíduos. Quanto ao armazenamento, esse deve acontecer de acordo com as normas técnicas e precauções ambientais estabelecidas pelos órgãos de controle ambiental municipal, estadual e federal. Observa-se que para armazenamento de resíduos perigosos (classe I), o período máximo permitido será de 120 dias e para os resíduos não perigosos (classe IIA e IIB) o período máximo permitido será de 180 dias, contados a partir da data de geração dos respectivos resíduos.

5.2 REGIÃO DE ESTUDO

As 16 regionais definidas pelo IMA no estado de Santa Catarina, a fim de mensurar o desempenho na gestão de resíduos sólidos estão distribuídas conforme Figura 14. Cada regional é composta por uma quantidade de municípios que diferem de um para o outro.

Figura 14 – Distribuição de Regionais de acordo com IMA de Santa Catarina.



Fonte: IMA (2020).

LEGENDA			
	Blumenau – CVI		Concórdia – CAU
	Caçador – CMO		Criciúma – CRS
	Canoinhas – CPN		Florianópolis – CRF
	Chapecó – CRO		Itajaí – CFI
			Jaraguá do Sul – CJS
			Joaçaba – CRP
			Joinville – CRN
			Lages – CPS
			Mafrá – CMF
			Rio do Sul – CAV
			São Miguel do Oeste – CEO
			Tubarão – CTB

Fonte: Adaptado pela autora.

Na Tabela 7, têm-se o nome das regionais com as abreviaturas e respectivas denominações. Para cada coordenadoria regional, deve ser aplicada a Lei 15.251 (2010), que instituiu o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), que trata do transporte externo dos resíduos sólidos. Com exceção de resíduos com características radioativas, orgânicos oriundos de frigoríficos e abatedouros que apresentem riscos sanitários, tais como a disseminação de febre aftosa ou outras zoonoses, o transporte de resíduos industriais deve, obrigatoriamente, ser acompanhado pelo documento MTR, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela legislação e regulamentação.

Tabela 7 –Legenda com as nomenclaturas das regionais e cidade sede.

Blumenau (CVI – Coordenadoria do Vale do Itajaí)
Caçador (CMO – Coordenadoria do Meio Oeste)
Canoinhas (CPN – Coordenadoria do Planalto Norte)
Chapecó (CRO – Coordenadoria Regional do Oeste)
Concórdia (CAU – Coordenadoria do Alto Uruguai)
Criciúma (CRS - Coordenadoria Regional do Sul)
Florianópolis (CRF - Coordenadoria Regional de Florianópolis)
Itajaí (CFI – Coordenadoria Foz do Itajaí)
Jaraguá do Sul (CJS – Coordenadoria de Jaraguá do Sul)
Joaçaba (CRP - Coordenadoria Regional do Planalto)
Joinville (CRN - Coordenadoria Regional do Norte)
Lages (CPS – Coordenadoria do Planalto Serrano)
Mafra (CMF – Coordenadoria de Mafra)
Rio do Sul (CAV – Coordenadoria do Alto Vale)
São Miguel do Oeste (CEO – Coordenadoria do Extremo Oeste)
Tubarão (CTB – Coordenadoria de Tubarão)

Fonte: Adaptado pela autora.

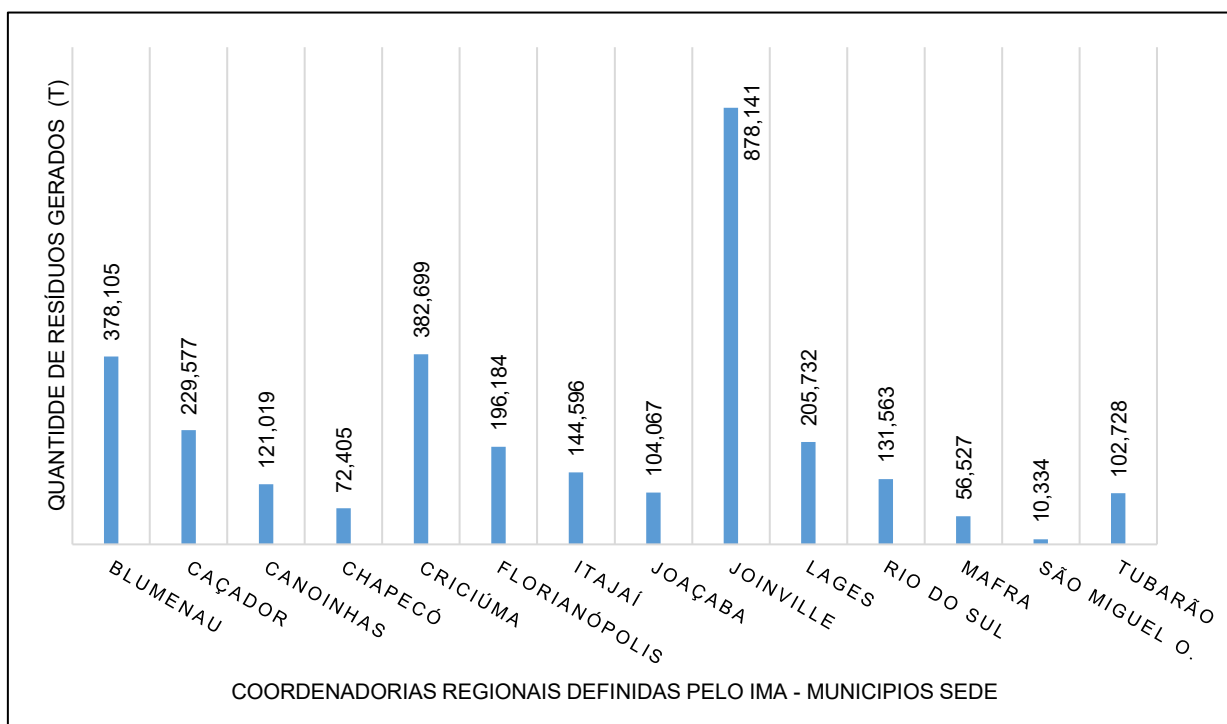
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo teve como base todo o resíduo industrial gerado durante os períodos dos meses de janeiro a dezembro de 2020 e 2021 no Estado de Santa Catarina, considerando as 16 coordenadorias regionais especificadas pelo IMA.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS EM SANTA CATARINA

Para início da identificação dos resíduos gerados, foram consultados os relatórios emitidos nos anos de 2020 e 2021. De acordo com a Curva ABC de Resíduos e Rejeitos gerados, Figura 15, o valor total foi de 3.013.678,90 toneladas, distribuídas entre as 16 coordenadorias regionais especificadas pelo IMA.

Figura 15- Total de resíduos gerados em cada coordenadoria regional no período de 2020 a 2021, de acordo como a Curva ABC.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Verificou-se que as Coordenadorias Regionais de Concórdia e Jaraguá do Sul não apresentaram resíduos que se enquadram nas categorias supracitadas, de acordo com relatórios emitidos pelo IMA.

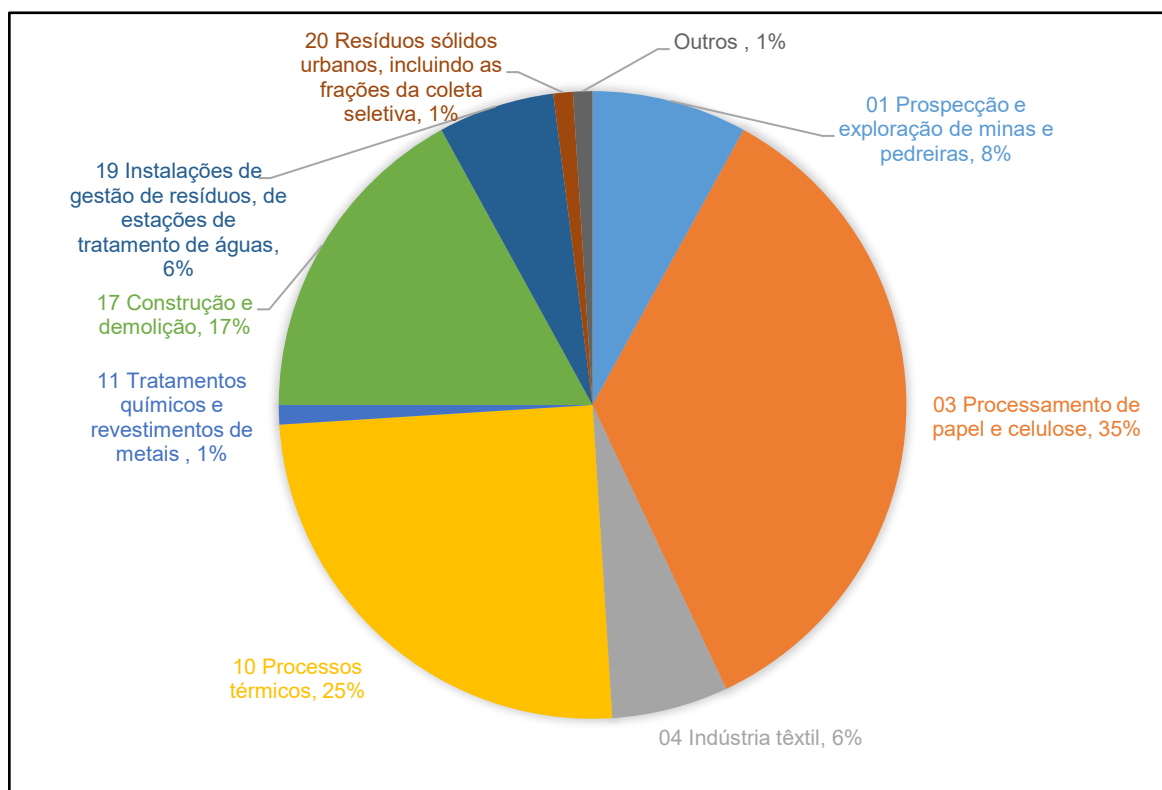
Na chamada Curva ABC de Resíduos e Rejeitos Gerados, procura-se classificar o resíduo de maior importância identificado por A (em que 20% de produto representa 80% do custo total do investimento), de valor intermediário B (em que 30% de produto representa 90% do custo total do investimento) e de importância menor C (em que 50% de produto representa 10% do custo total do investimento), conforme PEREIRA (2018).

Foram selecionados e organizados os resíduos sólidos por capítulos de acordo com a Lista do IBAMA. A classificação manual, envolveu a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. São apresentados os valores de resíduos gerados de acordo com a Lista Brasileira de Resíduos do IBAMA, conforme definido na seção 4.4.3. Na Figura 16, se tem um panorama dos resíduos e rejeitos gerados no período de 2020 a 2021.

De acordo com a PNRS, Lei Complementar Nº 12.305 (2010):

- **Resíduos sólidos** correspondem a material ou substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe a proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Figura 16 - Tipos de resíduos gerados no Estado de Santa Catarina no período de 2020 a 2021.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

De acordo com a Lista de Resíduos Sólidos, elaborada a partir da Instrução Normativa nº 13 do IBAMA (2012), têm-se que 35% de todo o resíduo gerado é proveniente do processamento de papel e celulose envolvendo produção e transformação de papel e celulose. Esses resíduos correspondem a lodos da lixívia verde (provenientes da valorização da lixívia de cozimento ou licor negro); lodos de branqueamento, provenientes da reciclagem de papel; rejeitos separados da fabricação de pasta a partir de papel e papelão usado, de fibras e lodos de fibras; resíduos da triagem de papel e papelão destinado a reciclagem, de lodos de cal e tratamento de efluentes.

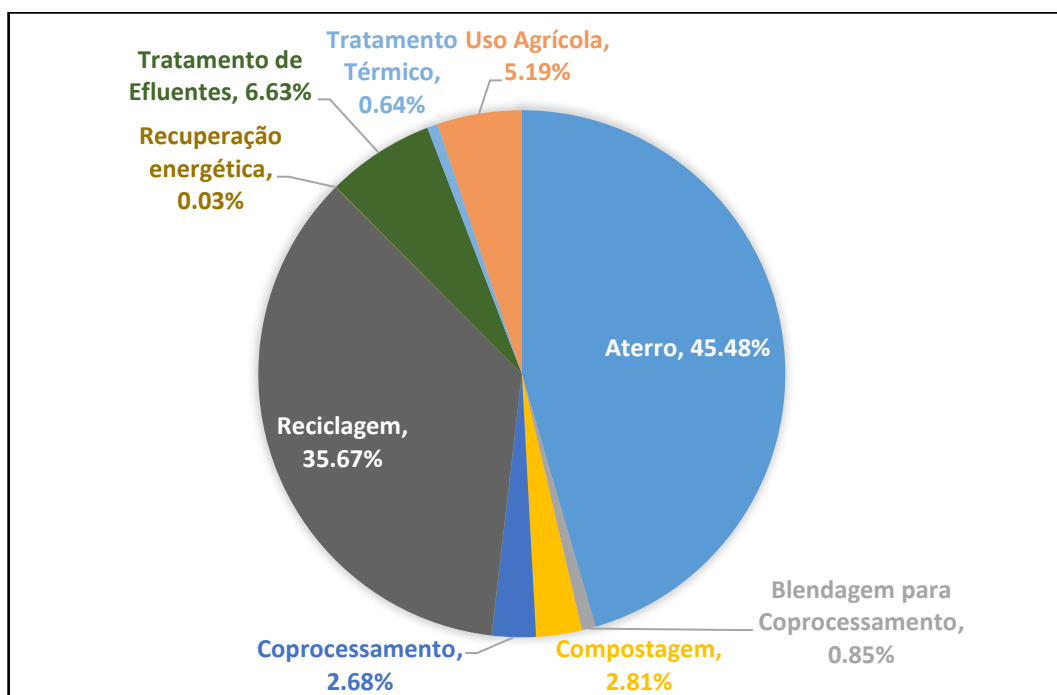
Para processos térmicos, uma quantidade correspondente a 25%, têm-se resíduos de centrais elétricas e instalações de combustão; cinzas, escórias e poeiras de caldeiras; cinzas volantes da combustão de carvão, turfa ou madeira não tratadas; resíduos de lavagem de gases; lodos do tratamento local de efluentes e de limpeza de caldeiras.

Para resíduos de construção e demolição, que possuem um valor correspondente a 17% do total, têm-se resíduos como cimento, tijolos, ladrilhos, telhas

e materiais cerâmicos, madeira, vidro e plástico, solos e rochas, materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto e à base de gesso:

Na sequência, foi analisada a tecnologia de destinação final destes resíduos. Na Figura 17, apresentam-se as quantidades desses materiais para os anos de 2020 e 2021.

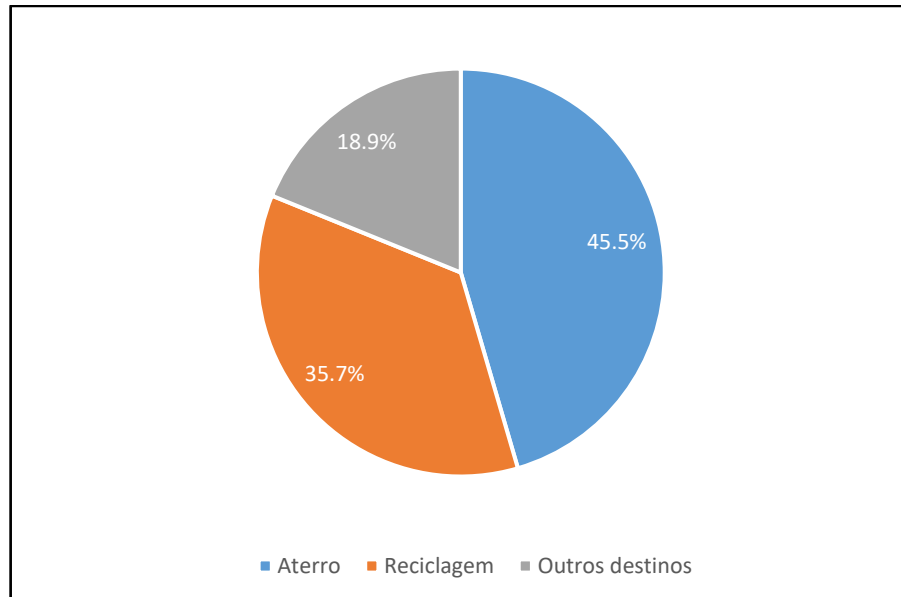
Figura 17 - Quantidade de resíduos conforme tecnologia de destinação final (%), entre 2020 e 2021 em Santa Catarina.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

A quantidade de resíduo enviado para aterros ainda é maior. A Lei Complementar Nº 12.305 (2010) deixa como última opção a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos. Nesse primeiro crivo, têm-se que 45,5% do material é destinado a aterros e 35,7% são encaminhados para reciclagem. Quanto a tecnologias que visam a recuperação energética, como blendagem por coprocessamento, micro-ondas e tratamento térmico do resíduo, sua soma chega a 4,21%. Na Figura 18, estão inclusos em outras tecnologias de destinação final do resíduo, considerando que a legislação em questão destaca a utilização do material neste formato.

Figura 18 - Quantidades de resíduos encaminhados para aterros e reciclagem entre 2020 e 2021 em Santa Catarina.

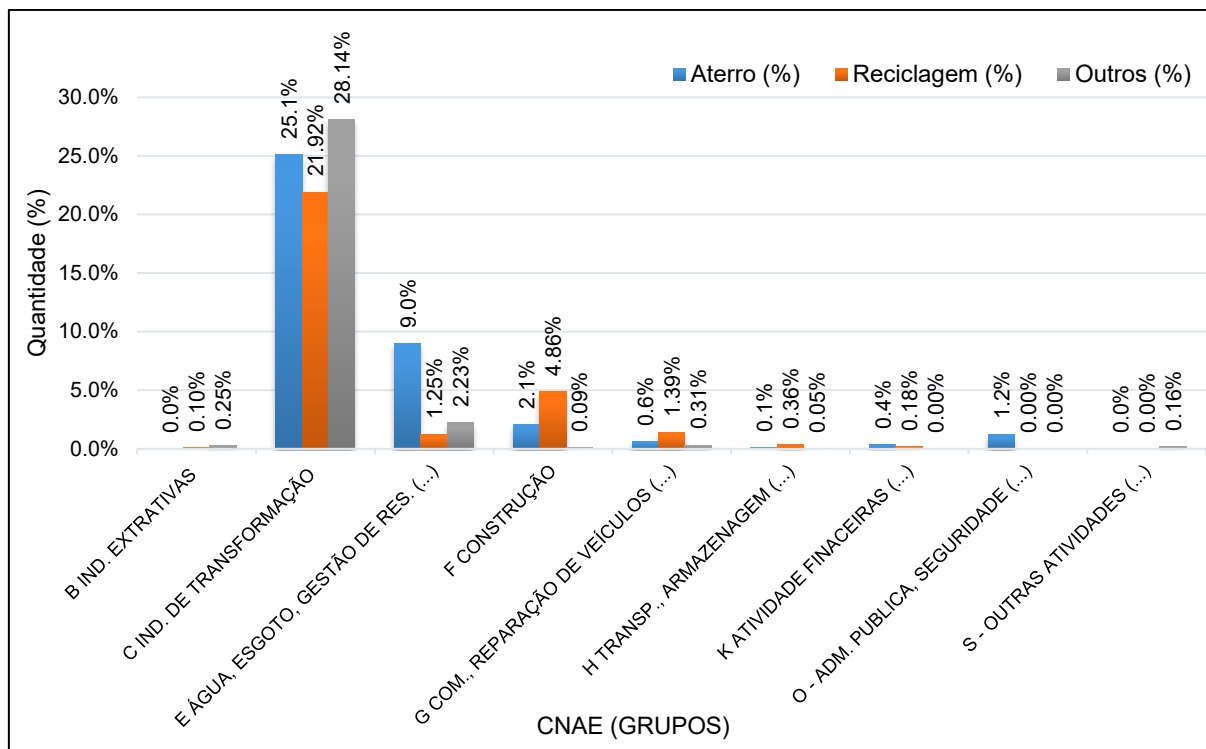


Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

É relevante a não geração de resíduos e a redução da utilização de material conforme CALLISTER (1999), visto que as decisões tomadas na engenharia dos materiais têm impactos sobre o consumo de matérias-primas e de energia, sobre a contaminação da água e da atmosfera, e sobre a capacidade do consumidor em reciclar ou dispor dos produtos consumidos.

Nesta etapa de seleção, obteve-se o panorama visto na Figura 19, com valores bastante relevantes para materiais encaminhados a aterros e reciclagem, de acordo com a Classificação Nacional da Atividade Econômica (CNAE).

Figura 19 - Quantidade de resíduos destinados para aterro e reciclagem de acordo com a atividade econômica.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

De todo resíduo gerado de acordo com a natureza da atividade econômica a indústria da transformação é responsável pela maior quantidade destinadas a aterros sendo 25,1% e 21,92% para reciclagem e 28,14% para outros destinos como compostagem, uso agrícola, e até mesmo geração de energia. Na sequência, se tem as atividades de saneamento, fornecimento de água e gestão de resíduos responsável por 9 % do material destinado a aterros, destes o lodo vindo dos tratamentos de água e esgoto e construção civil com aproximadamente 5% do resíduo destinado a reciclagem.

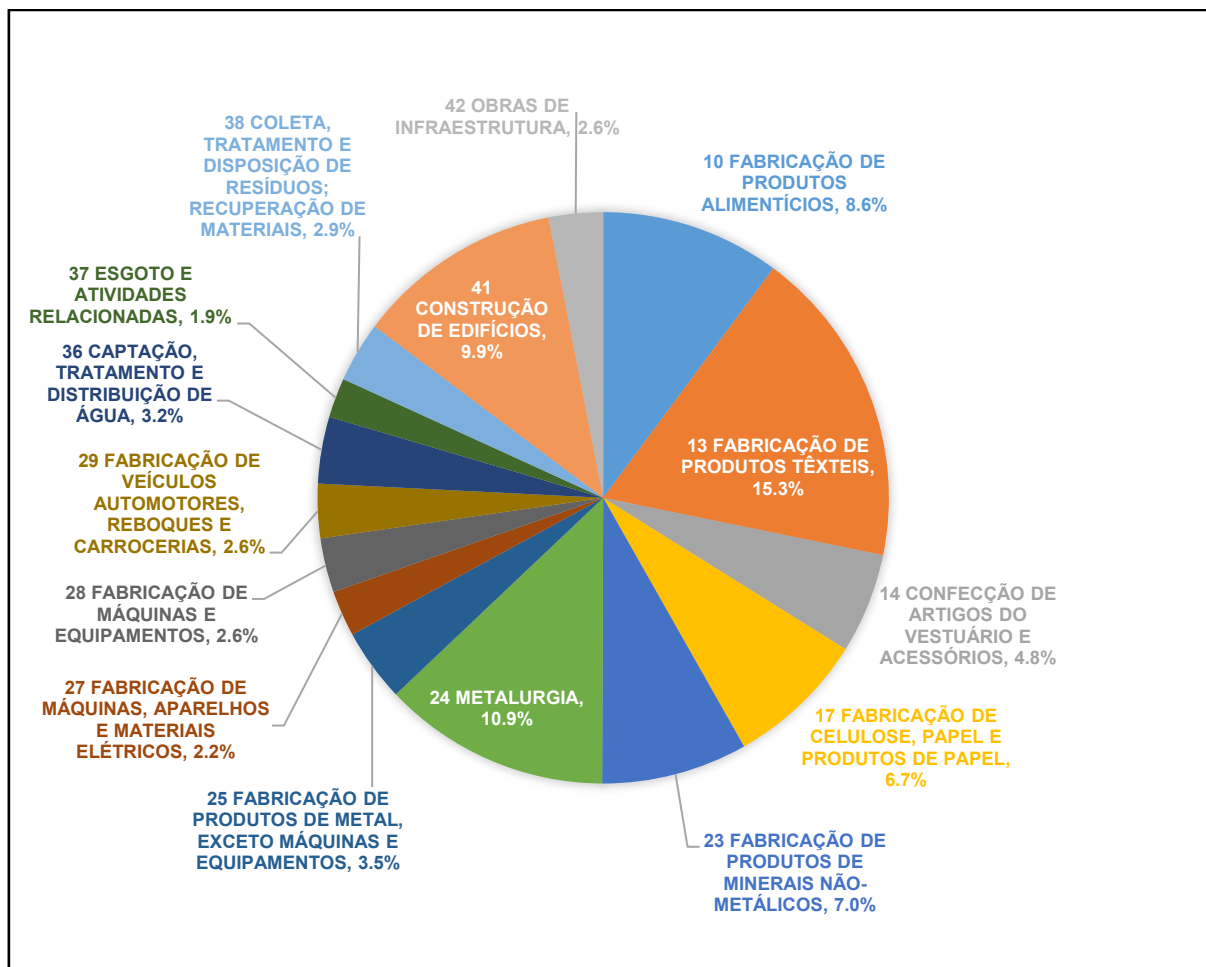
Ressalta-se que o resíduo gerado até a metade do século passado era predominantemente de matéria orgânica (restos de comida). No entanto, a evolução tecnológica traz consigo materiais plásticos, baterias, chips, vidros, lanternas, lâmpadas entre outros presentes no dia a dia da população. Essas atividades estão envolvidas com a **indústria de transformação**, refletindo as mudanças de hábitos da população.

O “lixo” passa a ser um indicador econômico de crescimento, pois quanto mais resíduo gerado maior é o consumo da população, de acordo com estudo feito pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (1999). Logo, é evidenciado nessa

análise que a maior quantidade de resíduos gerados encaminhados para aterro e reciclagem são provenientes da indústria da transformação que apresentam valores de 29,7% e 25,9% respectivamente. A fabricação de produtos alimentícios, bebidas, produtos têxteis, artigos de vestuário e acessórios, produtos de madeira, fabricação de celulose e papel, impressão e reprodução de gravações, produtos químicos, de borracha e de material plástico, minerais não-metálicos, metalurgia, fabricação de máquinas e equipamentos, veículos automotores, reboques, carrocerias e outros diversos, tem aproximadamente 15% da quantidade total destinadas a aterros e menos de 10% reciclados.

Outra informação importante, considerando o período de 2020 a 2021, é que a maior quantidade de empresas do estado de Santa Catarina concentra suas atividades econômicas principais na fabricação de produtos têxteis com 15,3% que correspondem a 48 unidades. Em seguida, vem a atividade de metalurgia com 10,9% com 34 unidades, construção de edifícios em 9,9% com 31 entidades, fabricação de produtos alimentícios em 8,6% que corresponde a 27 entidades, conforme mostrado na Figura 20.

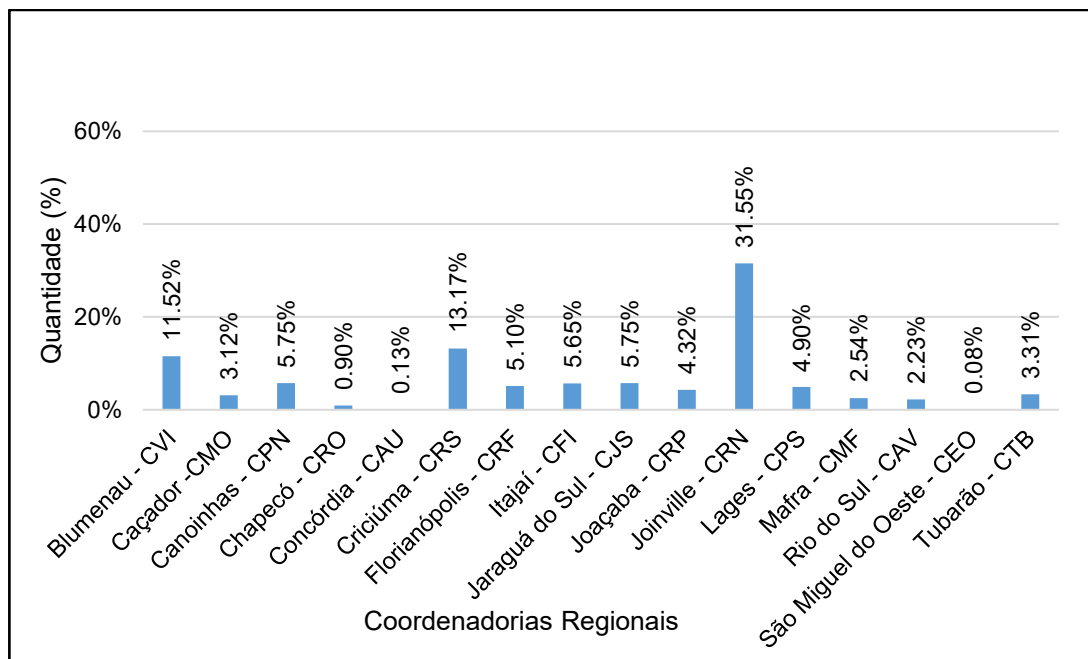
Figura 20 – Quadro quantitativo de empresas no estado de Santa Catarina de acordo com a atividade econômica.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Para o estado de Santa Catarina, para cada coordenadoria regional, após seleção de atividades econômicas que geram mais de 100 toneladas por ano, chegou-se à quantidade total de resíduos gerados de 1.825.129,73 toneladas. De acordo com a Figura 21, as Coordenadorias das Regionais de Joinville, Criciúma e Blumenau geraram os volumes maiores com as respectivas quantidades em percentual, sendo 31,55%, 13,17% e 11,52%, correspondentes a região norte, região sul e Vale do Itajaí.

Figura 21 - Quantidade de resíduos gerados por Coordenadoria Regional no estado de Santa Catarina.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

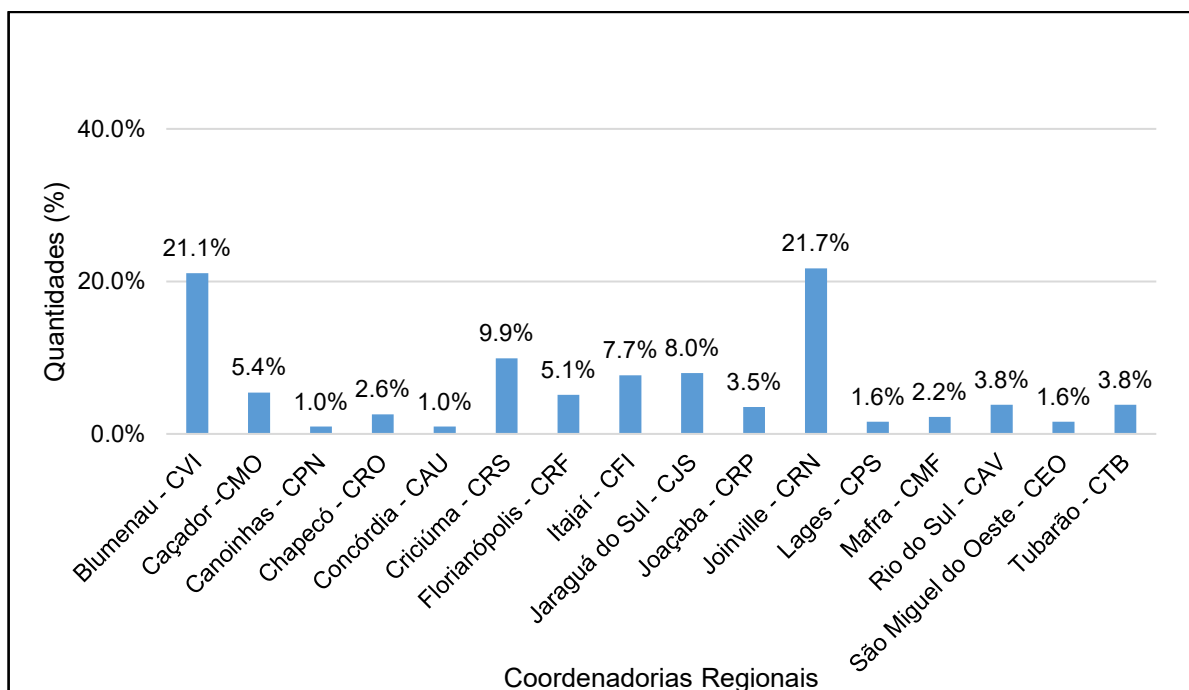
A região norte, em torno de Joinville, possui a maior quantidade de empresas, em que predominantemente as unidades são da área de metalurgia, fabricação de máquinas, equipamentos, veículos automotores, carrocerias, produtos de metal e de eletricidade em quantidade menor com atividade econômica na fabricação de têxteis.

A região sul, centrada em Criciúma, tem uma concentração maior na atividade econômica de metalurgia e na fabricação de produtos de minerais não-metálicos.

A região do Vale do Itajaí, em especial Blumenau, está concentrada na fabricação de têxteis e confecção de artigos do vestuário e acessórios, também na área de metalurgia e fabricação de metal, mas em menor quantidade.

Para este trabalho, foram identificadas 313 empresas que realizam atividades econômicas no estado de Santa Catarina que geram anualmente uma quantidade igual ou maior que 100 t. Destas, 68 empresas se encontram na Coordenadoria Regional Norte (Joinville) e 66 unidades estão na Coordenadoria Regional do Vale do Itajaí (Blumenau). Na Figura 22, é possível se ter uma visão do total das demais distribuições e na sequência será identificada a destinação final dada aos resíduos gerados.

Figura 22 – Quantidade de empresas por Coordenadoria Regional em Santa Catarina.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

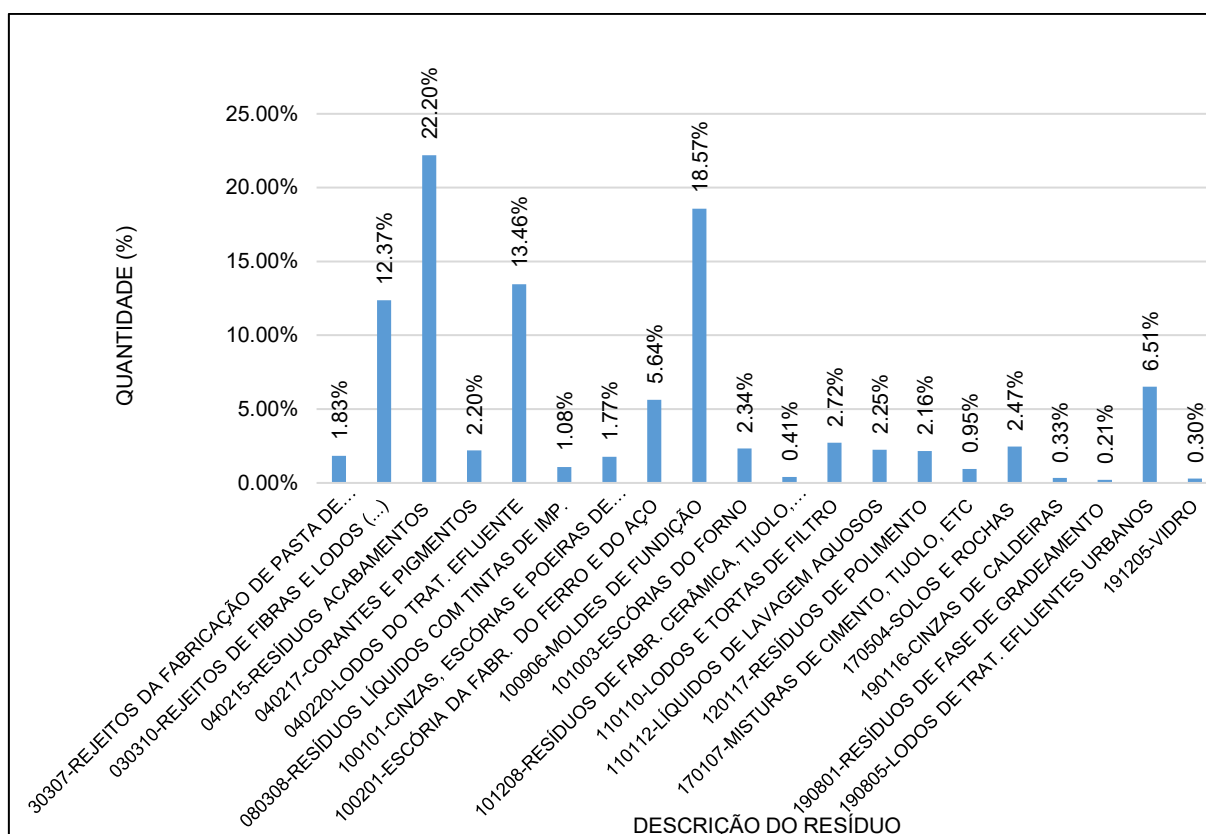
As três coordenadorias que possuem a maior quantidade de empresas correspondem também à maior quantidade de resíduos gerados neste período: Joinville, Criciúma e Blumenau.

A indústria de transformação, água e esgoto, atividades de gestão de resíduos, descontaminação e da construção é onde se tem a maior quantidade de resíduos. Logo, têm-se para as coordenadorias regionais que geram maiores quantidades de resíduos de acordo com a natureza das atividades econômicas descritos suas principais atividades e quantitativos na sequência.

6.1.1 CR Blumenau

Para a CR de Blumenau, os maiores quantitativos de resíduos gerados são provenientes de acabamentos, fabricação de celulose, produtos de papel; lodos do tratamento local de efluente. A grande maioria é originária da fabricação de produtos têxteis; resíduos de moldes de fundição não vazados que vem da metalurgia e lodos de tratamento de efluentes urbanos de atividades relacionadas a esgoto. A Figura 23 mostra os resíduos gerados na CR Blumenau, sendo a quantidade total correspondente a 191.073 toneladas.

Figura 23 – Tipos de resíduos gerados na CR Blumenau (%).

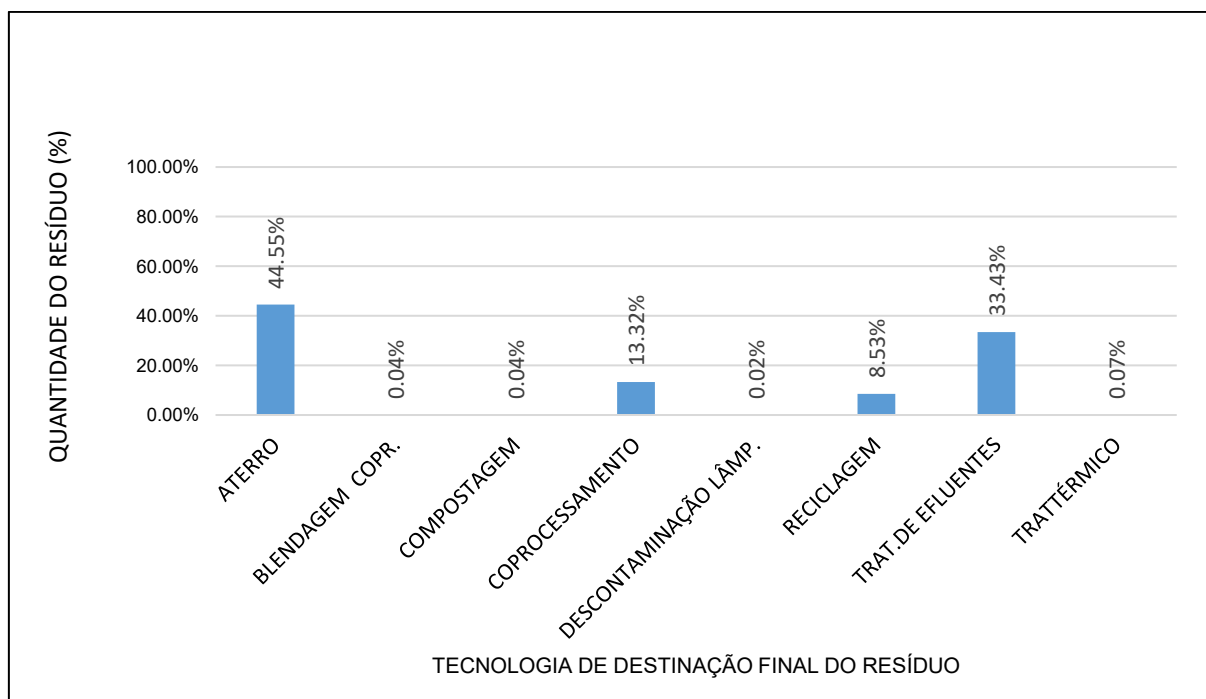


Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Da quantidade total, 22% são resíduos de acabamentos e encaminhados para tratamento de efluentes, 19% correspondem a moldes e modelos e moldes de fundição não vazados.

Para esses, a maioria tem como destino aterros e tratamento de efluentes, visto que são materiais vindos de moldes utilizados na metalurgia e lodos vindos da fabricação de materiais têxteis. Na Figura 24, tem-se o cenário do destino dado ao resíduo gerado.

Figura 24 – Destino final do resíduo na CR de Blumenau (%).



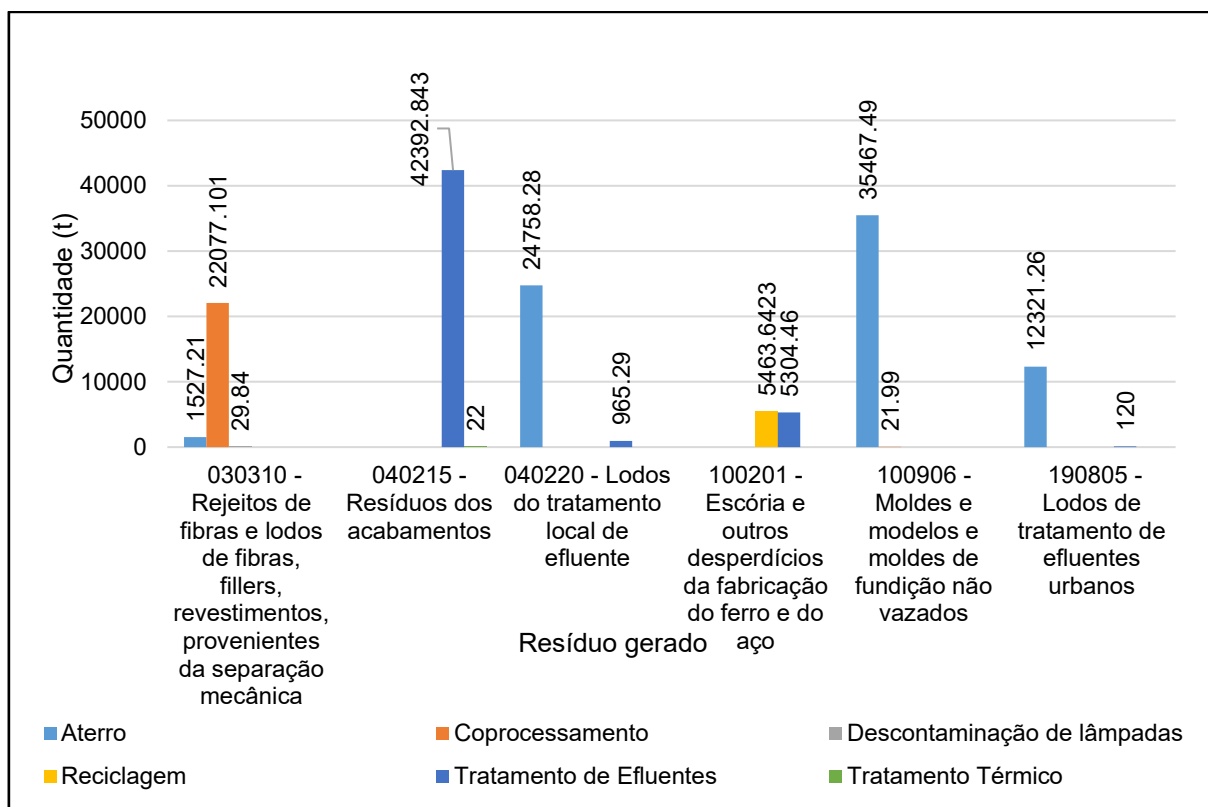
Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Considerando os maiores valores percentuais do levantamento quantitativo, têm-se 82000 toneladas destinadas a aterros sanitários, 64000 toneladas para tratamento de efluentes e 25500 toneladas destinadas ao coprocessamento.

Quanto ao tipo de resíduo gerados e tecnologia de destinação final, a CR Regional de Blumenau possui os maiores valores destinados a aterros, tratamento de efluentes, coprocessamento, descontaminação de lâmpadas, reciclagem e tratamento térmico.

Considerando que CR Blumenau possui 50% de suas empresas com a natureza da atividade econômica na fabricação de produtos têxteis, aproximadamente 8% na indústria da transformação com foco na metalurgia, 6% na fabricação de produtos de metal, e também 6% na confecção de vestuário e acessórios, pode-se visualizar a destinação final dos resíduos gerados, Figura 25.

Figura 25 – Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Blumenau.

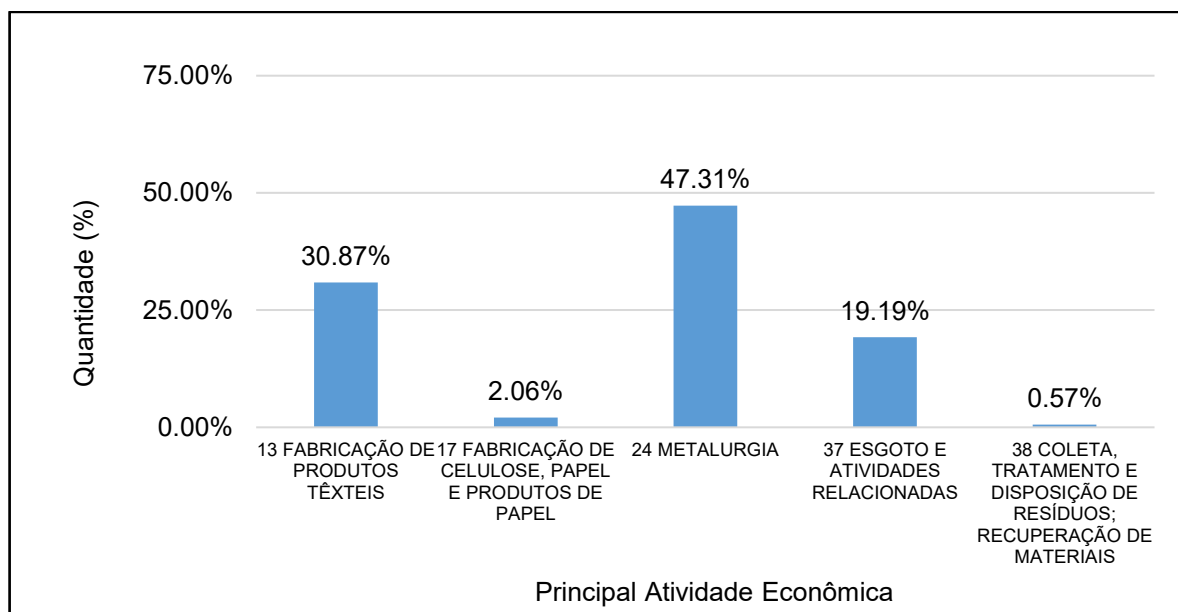


Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Nessa análise, é importante observar que o rejeito, a sua maior parte, tem como destinação final o coprocessamento que é uma forma de aproveitamento energético do resíduo gerado.

Na Figura 26, como uma grande quantidade é destinado a aterros, têm-se de acordo com o grupo principal de natureza da atividade econômica uma visão direcionada do material que tem como destino final o aterro. Assim, aproximadamente 80% proveniente da indústria da transformação tem destaque para metalurgia e fabricação de produtos têxteis, respectivamente 47% e 31%.

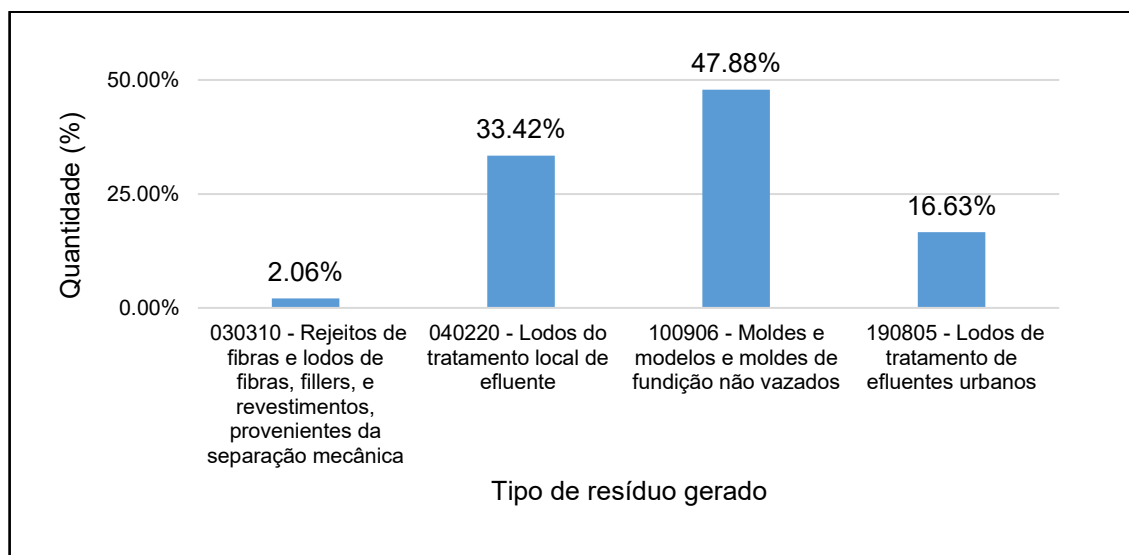
Figura 26 – Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Do resíduo enviado para aterro, aproximadamente 50% tem como especificação moldes e modelos, e modelos de fundição não vazados, conforme Figura 27, correspondendo a 35.468 toneladas.

Figura 27 – Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Blumenau.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

6.1.2 CRS Criciúma

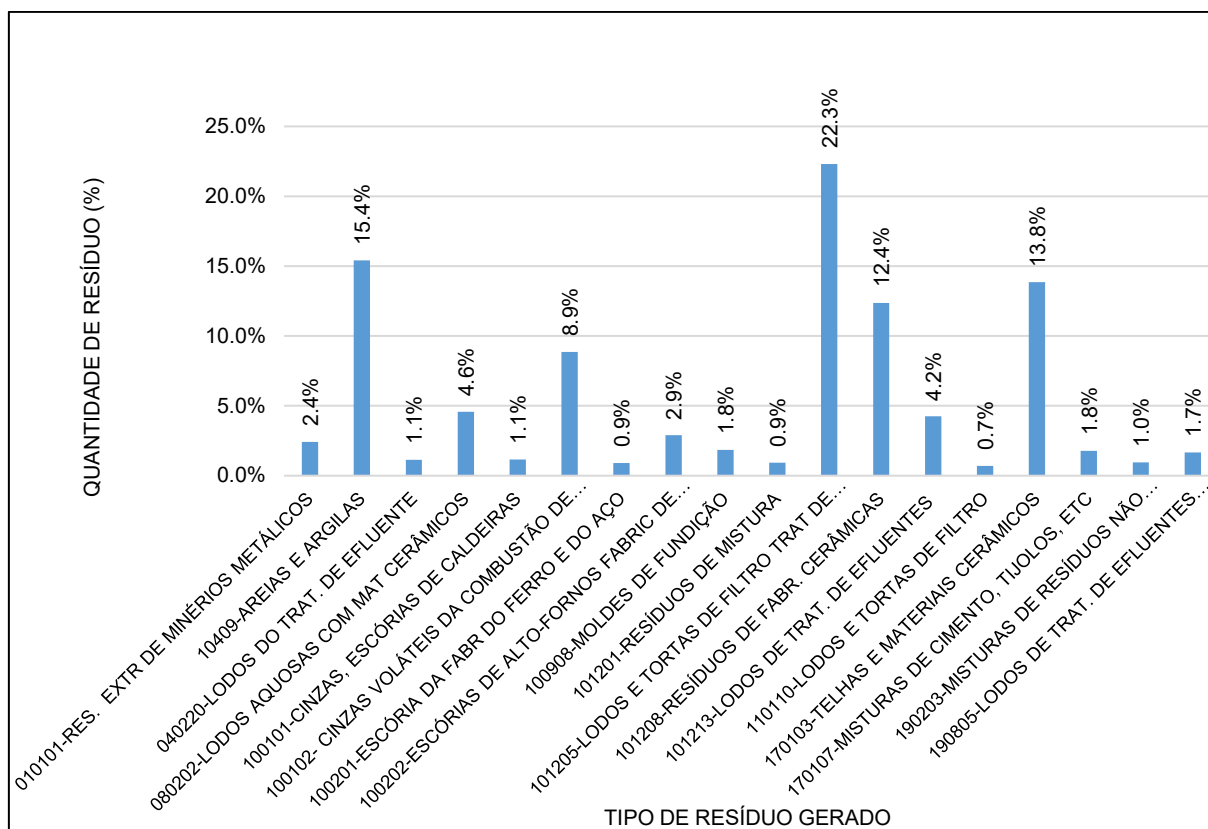
Na CR de Criciúma, as maiores quantidades são referentes a areias e argilas, cinzas volantes da combustão do carvão, lodos e tortas de filtro provenientes do tratamento de gases, resíduos da fabricação de peças cerâmicas, e ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, de acordo com a lista de resíduos disponibilizada pelo IBAMA.

Quanto ao resíduo gerado devido as atividades de mineração, têm-se as cinzas volantes da combustão de carvão, de acordo com lista do IBAMA, para a qual obteve-se a quantidade de 20817,6 t nos anos de 2020 e 2021. Isso equivale a 8,9% de todo o resíduo gerado, que tiveram como destino final principalmente blendagem para coprocessamento e reciclagem.

Por ser o polo cerâmico de Santa Catarina, é relevante a quantidade de lodo e filtros de resíduos gerados que tiveram como destino aterros e reciclagens, sendo aproximadamente 26,9% do total.

Na Figura 28, pode-se ter um panorama, visto que a quantidade de resíduo gerado nesta região sul foi de 234.966 toneladas entre os anos de 2020 e 2021, diante do filtro utilizado para esta pesquisa.

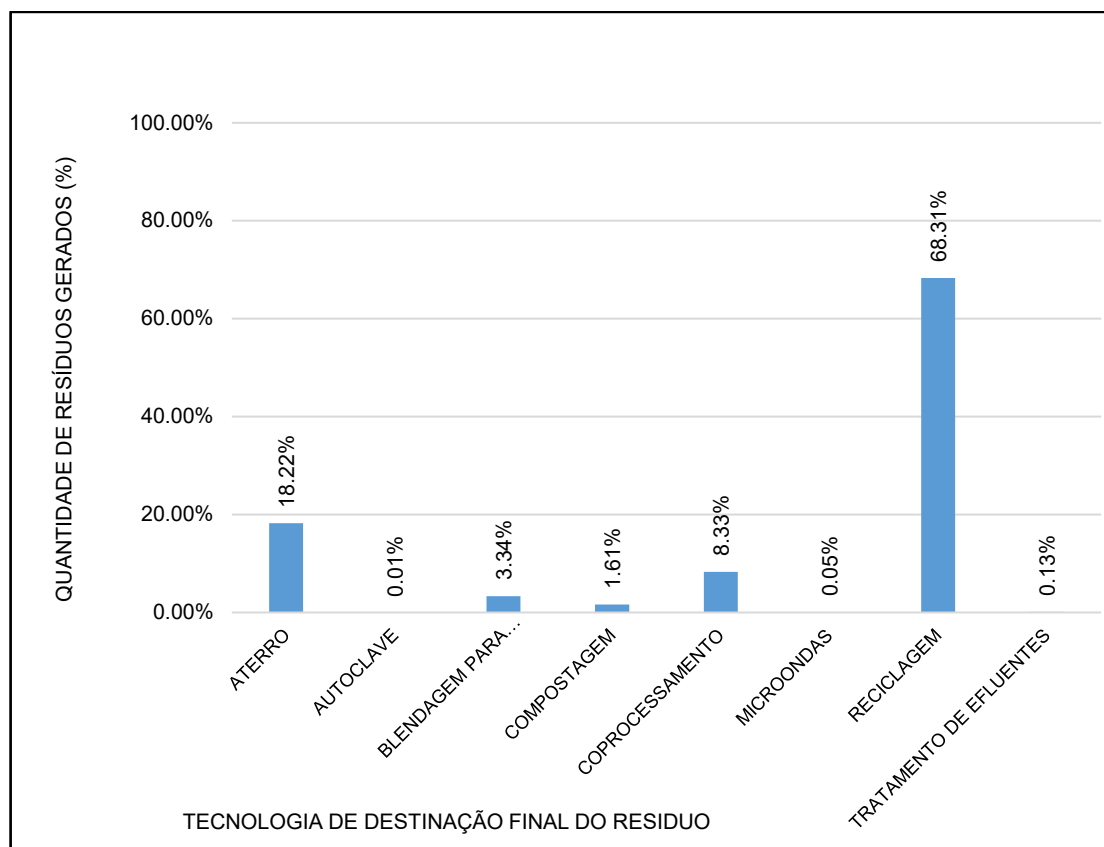
Figura 28 – Tipos de resíduos gerados CR Criciúma (%).



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Dos resíduos elencados a destinação final, a maioria foi para reciclagem, considerando o valor total de 160.513 toneladas. Porém, 18,22%, equivalentes a 42800 toneladas, foram encaminhadas a aterros, vide Figura 29.

Figura 29 – Destino final do resíduo na CR de Criciúma.



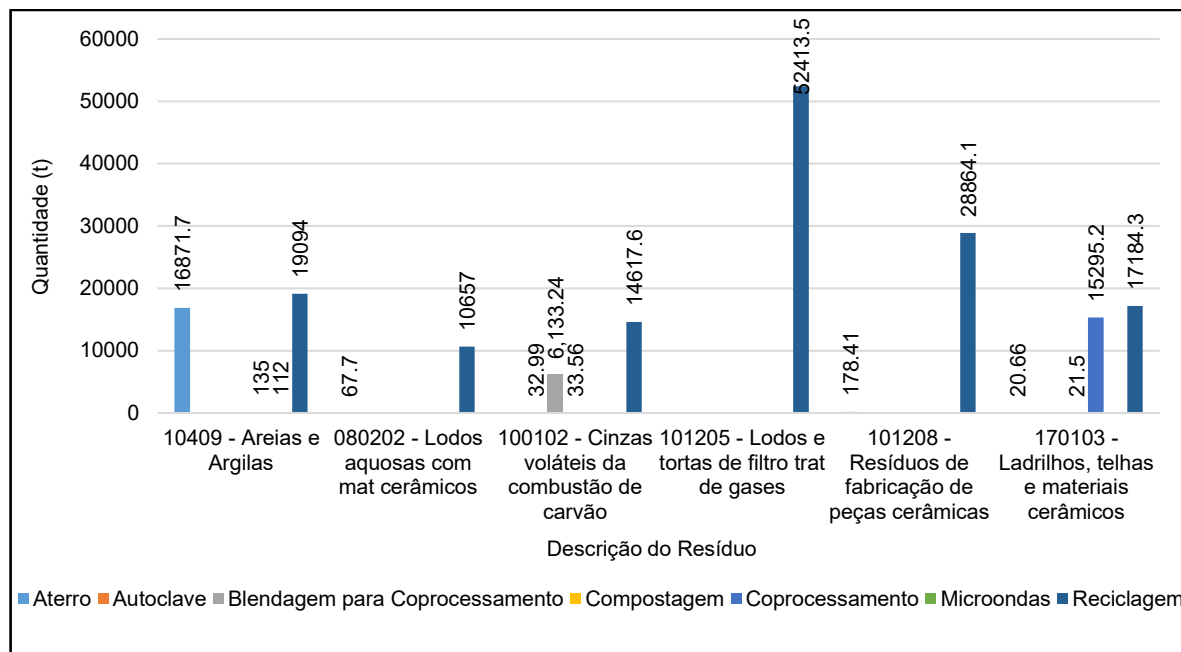
Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Para a quantidade destinada a aterros, têm-se que 32% das principais atividades econômicas são na área de metalurgia, fundição de ferro e aço, e 16% são também da indústria da transformação e trata da fabricação de produtos minerais não metálicos, diante do número de empresas cadastradas e regularizadas no IMA-SC.

Do valor total de resíduos gerados nessa coordenadoria, têm-se 234.966 toneladas das quais 160.513 toneladas têm como destino final a reciclagem correspondendo a 68%, para aterros o total de 42.800 toneladas sendo 18% para coprocessamento que é de 19.580 toneladas, equivalente a 8% do total.

Como mostrado na Figura 30, entende-se que lodos e tortas de filtro para gases são bastante utilizados em indústrias. Nesse caso, o montante de 29.000 toneladas de material cerâmico reciclado é o maior.

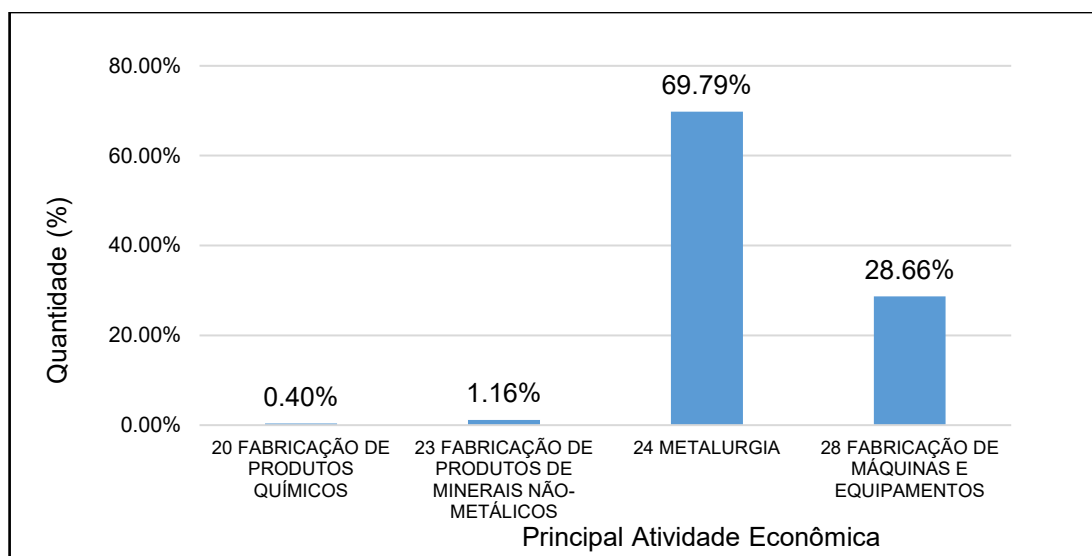
Figura 30 – Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Criciúma.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Considerando a indústria da transformação, têm-se que as atividades econômicas que possuem a maior quantidade de material destinados a aterros são da metalurgia com 70% do total e fabricação de máquinas e equipamentos com 29%, conforme Figura 31.

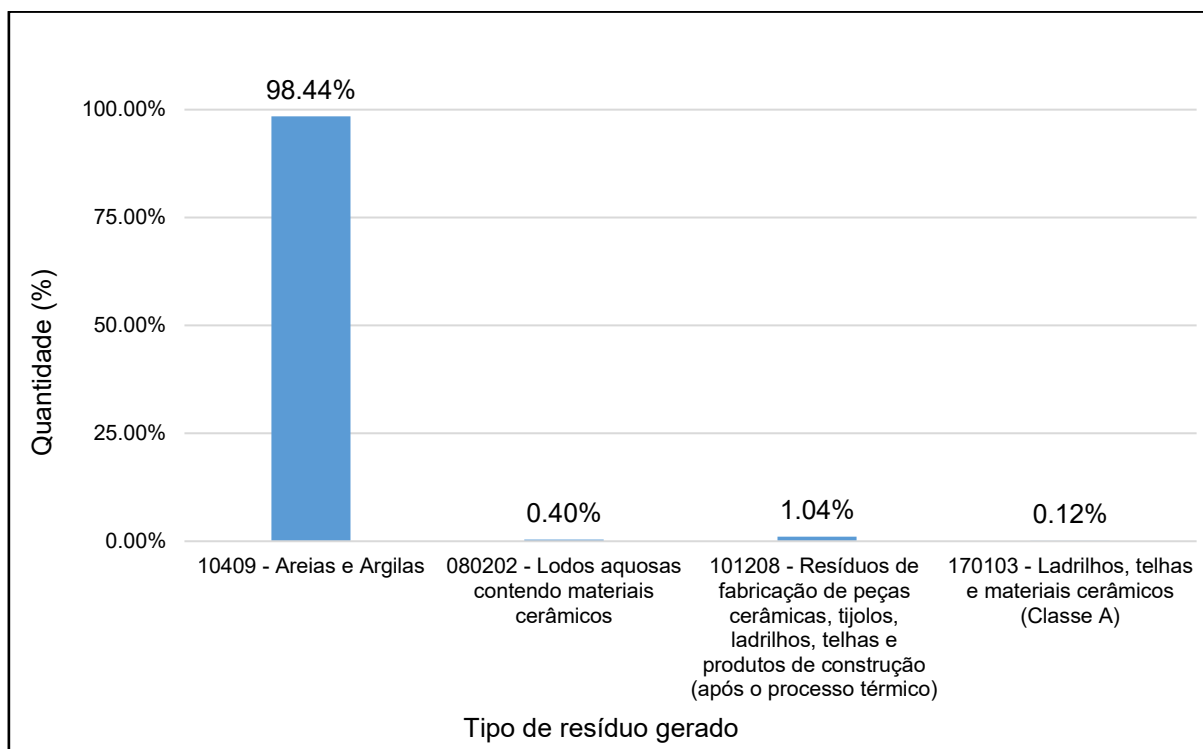
Figura 31 – Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE, CR B Criciúma.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Diante do exposto, foi possível identificar que o resíduo gerado em maior quantidade que possui como destinação final aterros são areias e argilas, correspondendo a 98%, sendo correspondente a 16.870 toneladas.

Figura 32 – Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Criciúma.



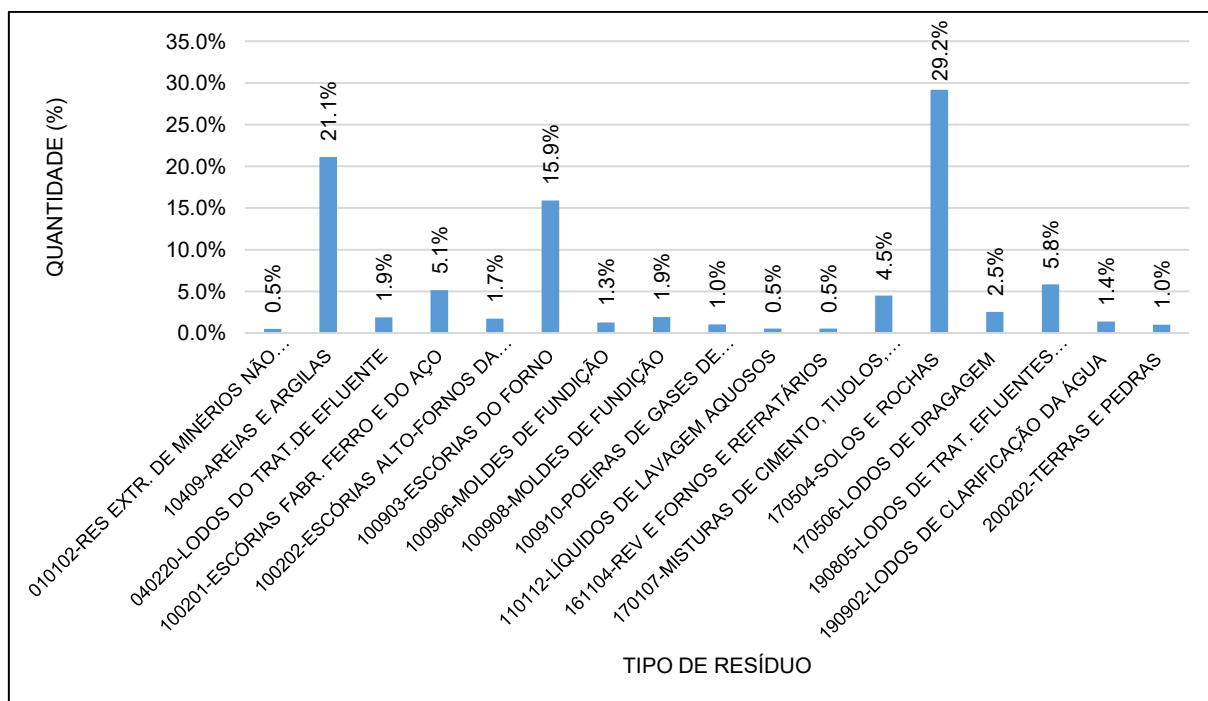
Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

6.1.3 CR Joinville

Para a CR de Joinville, os maiores quantitativos de resíduos gerados são provenientes de acabamentos, 21%, escórias de fornos, 16%, mistura de cimentos, tijolos e ladrilhos, cinzas volantes totalizando 29%, e lodos de tratamento de efluentes, com o quantitativo de 5,1%.

A Figura 33 ilustra os resíduos gerados e seus quantitativos de acordo com a tabela de resíduos do IBAMA.

Figura 33 - Tipos de resíduos gerados CR Joinville (%).

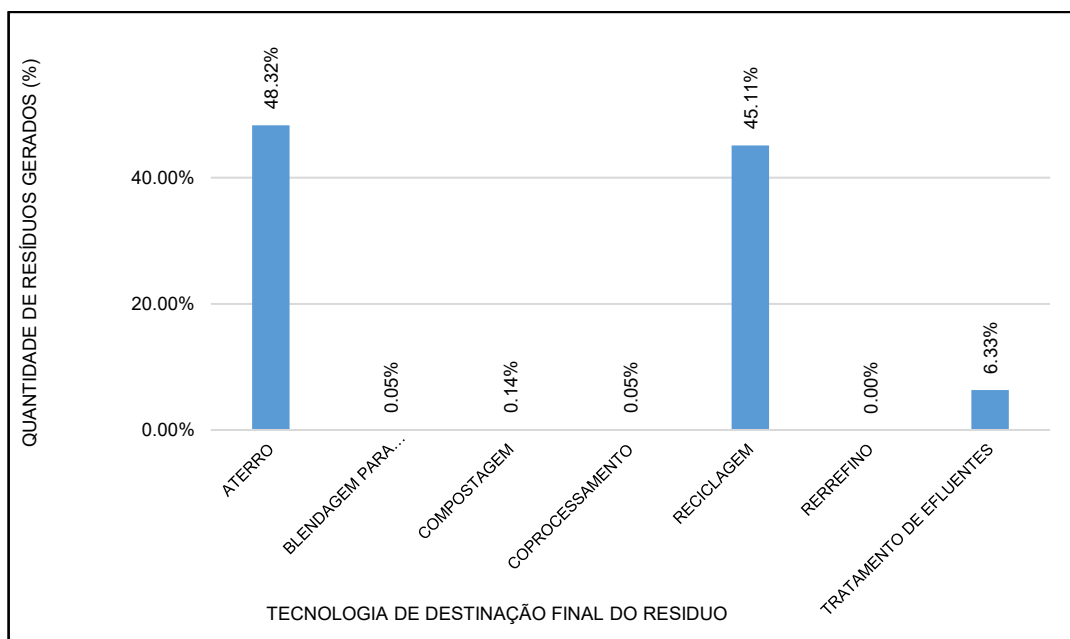


Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Para resíduos de acabamentos, têm-se o total de 119.511 toneladas, das quais 95.370 são destinadas a aterros e o restante é reciclado. Para escórias de alto forno, a quantidade total gerada nestes dois últimos períodos foi de 90.000 toneladas, das quais 55.000 toneladas foram destinadas a aterros. Outro valor relevante é o que trata de misturas de cimento, ladrilhos, entre outros, em que a quantidade total é de 165.077 toneladas; dessas, 67.000 toneladas são destinadas a aterros.

De forma geral, nessa coordenadoria ainda a maioria tem como destino final aterros e tratamento de efluentes, visto que materiais que tem como origem a construção civil, especificamente a construção de edifícios, e da indústria da transformação em que a natureza da atividade econômica é metalurgia, fabricação de máquinas e equipamentos e também produtos de metal. A Figura 34 mostra o panorama do destino final do resíduo gerado na região de Joinville considerando suas principais atividades econômicas.

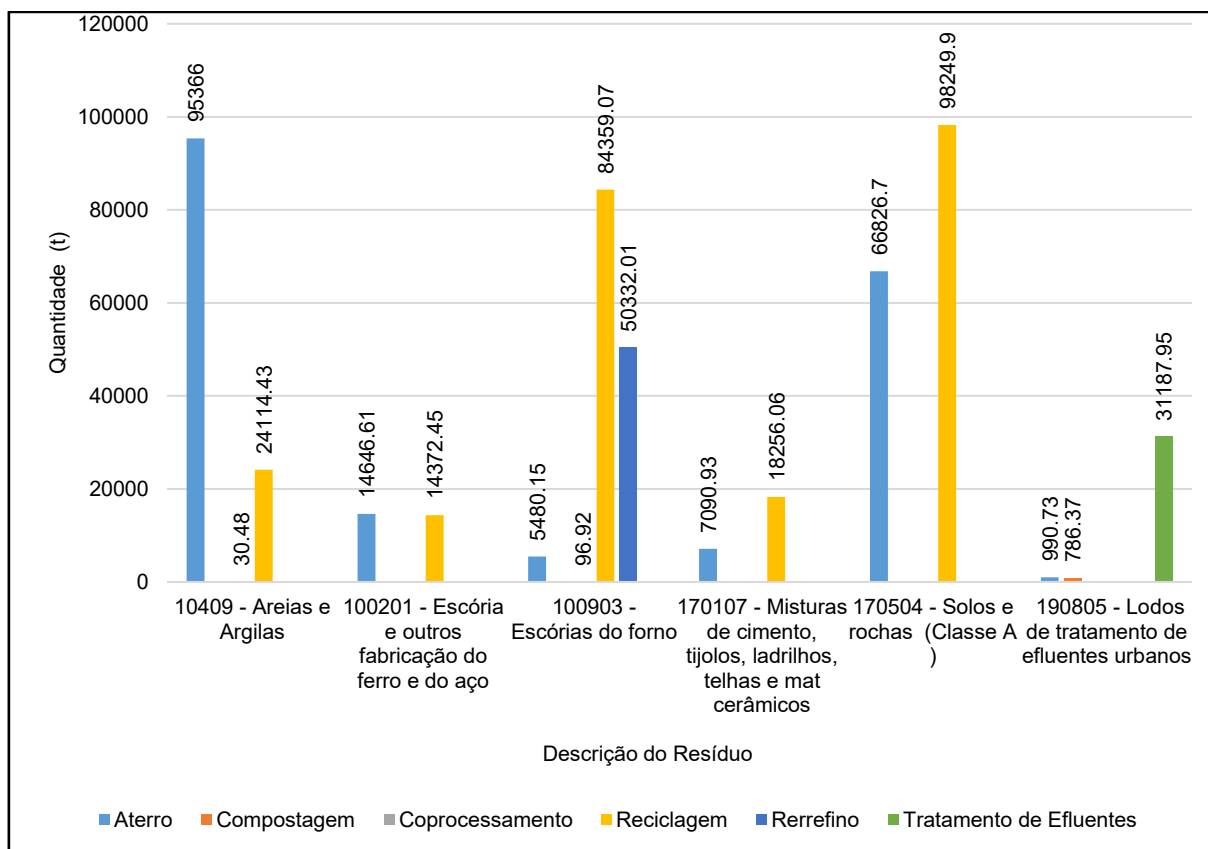
Figura 34 – Destino final do resíduo na CR de Joinville.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Assim como citado anteriormente, separadamente têm-se a especificação do resíduo total gerado, considerando as atividades econômicas principais das empresas alocadas na região de Joinville. É importante destacar que muitos resíduos em quantidades relevantes são destinados a reciclagem como solos Classe A, areias e argilas, escórias e outros vindos da fabricação de ferro e aço. A Figura 35 traz os valores em quantidades para 2020 e 2021.

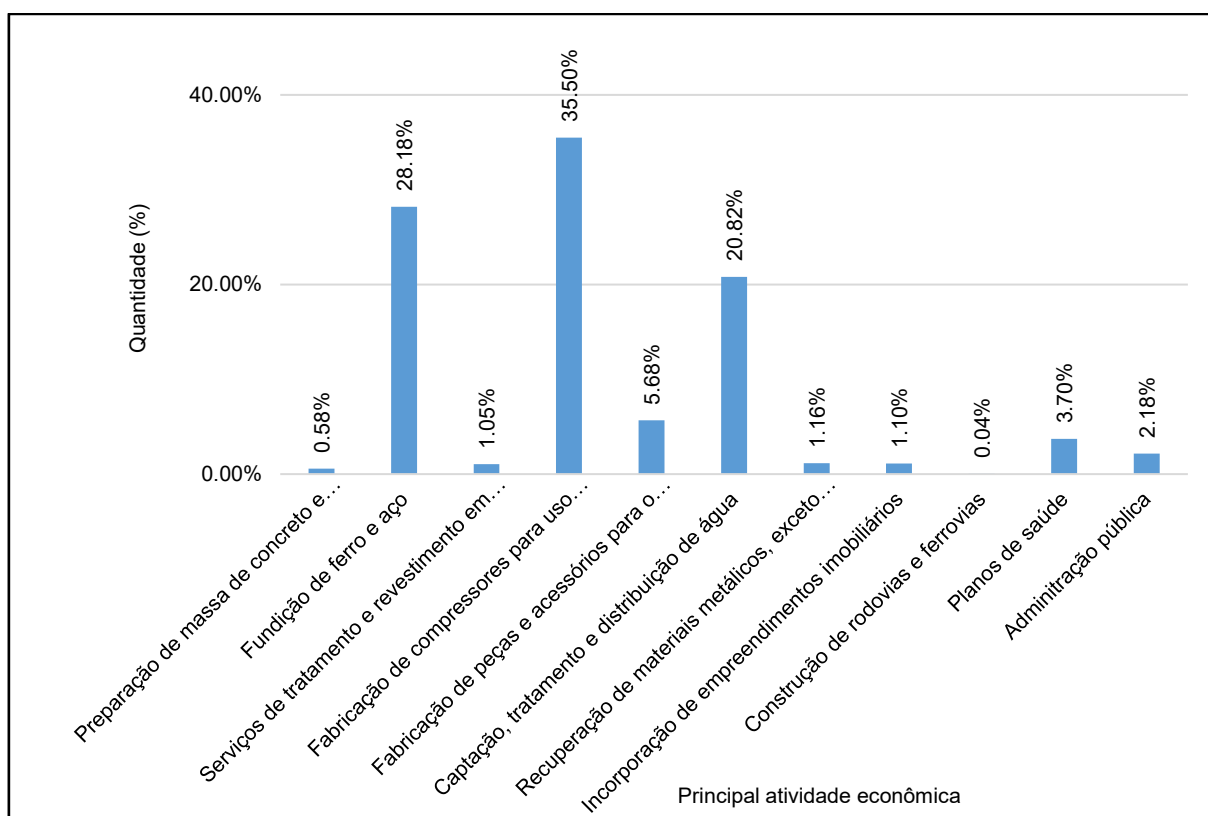
Figura 35 - Especificação do resíduo gerado de acordo com a tecnologia de destinação final na CR de Joinville.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Para os resíduos destinados a aterros, foram obtidas as quantidades em conformidade com a natureza da atividade econômica. A fabricação de compressores para uso industrial, peças e acessórios é responsável por 35% do resíduo gerado enviado a aterros, a preparação de massa de concreto e argamassa para construção de 28%, e a recuperação de materiais metálicos com 21%, conforme Figura 36.

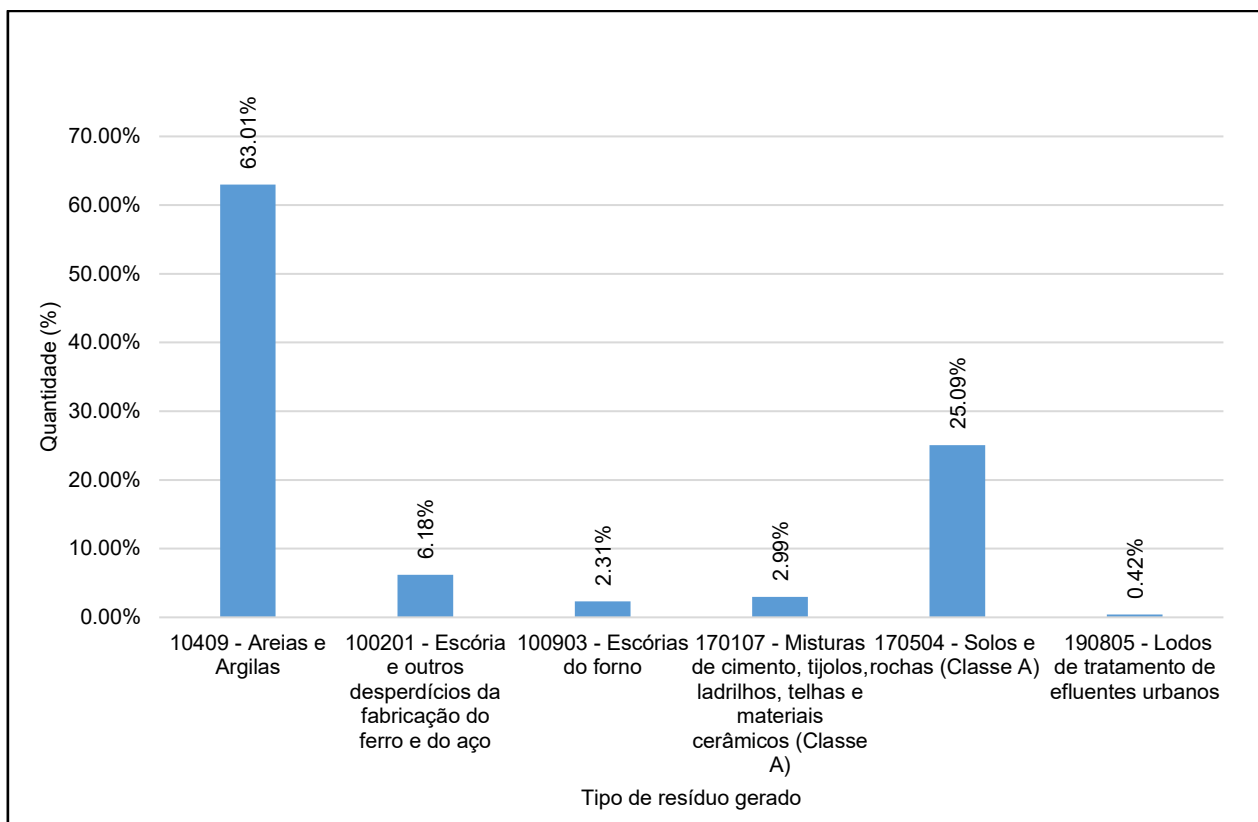
Figura 36 - Quantidade de resíduo destinado a aterro de acordo com o CNAE, CR Joinville.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

Diante dos itens apresentados, foi identificado que a maior quantidade de resíduos, destinados a aterro na coordenadoria da região de Joinville são areias e argilas com 63% e solos e rochas (Classe A) com 25%.

Figura 37 - Identificação do resíduo gerado destinado a aterros na CR de Joinville.



Fonte: Dados de relatórios emitidos pelo IMA-SC, adaptado pela autora.

6.1.4 Resíduos Destinados a Aterro

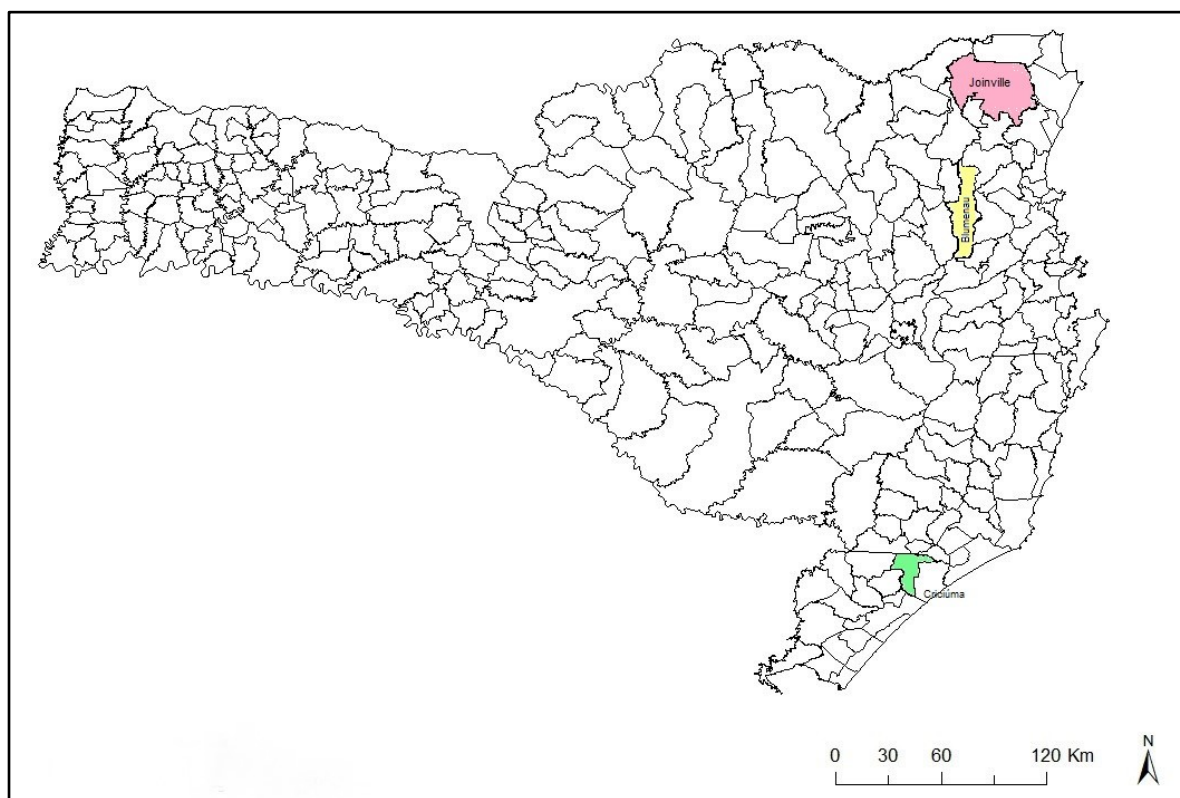
Na região de Blumenau, 50% das empresas são da área têxtil e 13,7% são da metalurgia e fabricação de produtos de metal, de todo o resíduo gerado 47,31% são destinados a aterros, e deste total 47,88% são de moldes e modelos de fabricação não vazado.

Na Coordenadoria Regional de Criciúma, 48,47% das empresas são da metalurgia, produção de metal, máquinas e equipamentos, 16% são da produção de minerais não metálicos. De todo o resíduo gerado que é levado para aterros, aproximadamente 70% são da metalurgia e 29% são da fabricação de máquinas e equipamentos, resultando que 98,44% do resíduo gerado são de areias e argilas.

Na região de Joinville, 28% das empresas são da área da metalurgia, fabricação de metal, máquinas e equipamentos. D total do resíduo destinado a aterro, têm-se que 28,20% são da fundição de ferro e aço, 35,5% da fabricação de compressores. Do total do resíduo gerado, 63% são areias e argilas, 25% são de solos e rochas (classe A) e 6,2% são de escórias.

Nesse caso, 47,88% são moldes e modelos, moldes de fabricação não vazados. Nas regiões de Blumenau, Criciúma e Joinville, tem-se que 98,44% são areias e argilas, 63% areias e argilas, 6,2% são de escórias, respectivamente. Conforme Figura 38, é relevante discutir os processos de fabricação da indústria metalúrgica, de produção de metal, fabricação de máquinas e equipamentos bem como produção de materiais não-metálicos a fim de identificar os resíduos gerados e analisar a possibilidade de aplicação em outro processo, como de fabricação cerâmica, como alternativa a aterros.

Figura 38 – Mapa de Santa Catarina, localização de Blumenau, Criciúma e Joinville.



Fonte: Adaptado pela autora de LOPES (2019).

Para identificação do resíduo gerado nas coordenadorias regionais, foi elaborada uma tabela indicando o grupo da natureza da atividade econômica e o subgrupo, descrevendo os resíduos e especificando os locais onde são gerados, na sequência a quantidade em toneladas. A Tabela 6 mostra os locais e quantitativos de acordo com as principais atividades das empresas.

Tabela 8 – Identificação dos resíduos conforme atividade econômica, descrição de resíduo e coordenadoria regional de origem.

Natureza da atividade econômica (Grupo e Subgrupo)		Descrição do resíduo	Coordenadorias Regionais (t)				Total do resíduo gerado (t)
			Joinville		Criciúma	Blumenau	
24 METALURGIA	Fundição de ferro e aço	10409 - Areias e Argilas	60.038,08		29.802,68		89.840,76
		100201 - Escória e outros desperdícios da fabricação do ferro e do aço		4.764,74			4.764,74
		100906 - Moldes e modelos e moldes de fundição não vazados não abrangidos em 10 09 05 (*)				33.190,34	33.190,34
	Fundição de metais não-ferrosos e suas ligas	10409 - Areias e Argilas			1.363,55		1.363,55
		100906 - Moldes e modelos e moldes de fundição não vazados não abrangidos em 10 09 05 (*)				1.854,06	1.854,06
25 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE METAL, EXCETO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	Serviços de tratamento e revestimento em metais	10409 - Areias e Argilas	2.481,74				2.481,74
28 FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	Fabricação de compressores para uso industrial, peças e acessórios	10409 - Areias e Argilas	75.495,66		3.051,43		78.547,09
		100201 - Escória e outros desperdícios da fabricação do ferro e do aço		8.597,02			8.597,02
	Fabricação de equipamentos de transmissão para fins industriais, exceto rolamentos, para a agricultura e pecuária, peças e acessórios, exceto para irrigação	10409 - Areias e Argilas			1.995,05		1.995,05
29 FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS	Fabricação de peças e acessórios para o sistema motor de veículos automotores	10409 - Areias e Argilas	11.350,51				11.350,51
		100201 - Escória e outros desperdícios da fabricação do ferro e do aço		1.284,85			1.284,85
Total do Resíduo Gerado (t)							235.269,71

Fonte: Elaborado pela autora.

6.2 ESTUDOS DE CASO

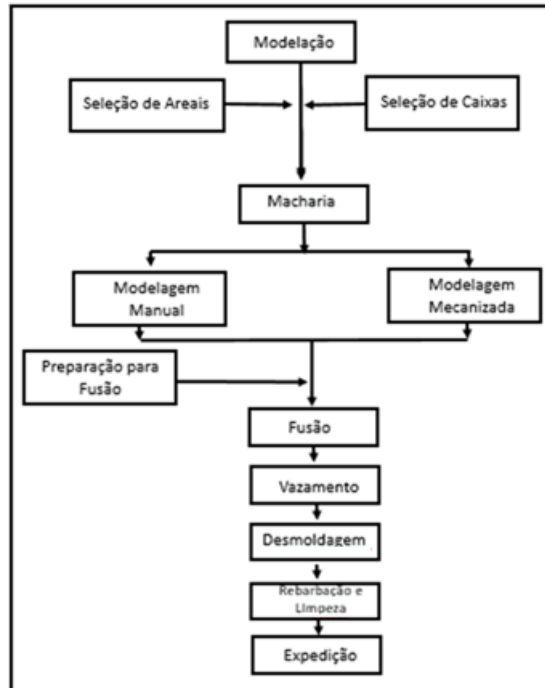
6.2.1 Fundição de Metais como Processo Gerador de Resíduos

O processo de fundição emprega areia como matéria prima principal os moldes. De acordo com MAIA (2017), em Santa Catarina já se chegou a aproximadamente 1 milhão de toneladas de areia industrial produzida no ano de 2013. Esse valor corresponde a quase 90% de toda a produção da Região Sul do país, segundo o DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Desse total, cerca de 50% são destinados às indústrias de fundição, particularmente aquelas situadas no município de Joinville e região.

Atualmente, fazendo um comparativo entre a areia industrial produzida em Santa Catarina destinadas as indústrias de fundição no ano de 2013 ao que foi descartado para os aterros entre os anos de 2020 e 202, têm-se que 37% é resíduo de areia descartada de fundição – ADF.

A fundição é um processo de fabricação no qual um metal totalmente fundido é derramado no interior da cavidade de um molde que possui a forma desejada. Com a solidificação, o metal assume a forma do molde, porém experimenta algum encolhimento. As técnicas de fundição são empregadas quando (1) a forma acabada é tão grande ou complicada que qualquer outro método seria impraticável, (2) uma liga específica possui uma ductilidade tão baixa que a conformação tanto a quente como a frio seria difícil, e (3) em comparação a outros processos de fabricação, a fundição é o processo mais econômico, segundo CALLISTER (1999), pois ainda hoje se aplicam esses requisitos. Na sequência, apresenta-se o fluxograma do processo de fundição na Figura 39.

Figura 39 - Fluxograma no processo de fundição.



Fonte: Adaptado pela autora de OLIVEIRA (1998) apud CHEGATTI (2004).

Dependendo do metal vazado, as fundições podem ser divididas em duas classes principais: fundições ferrosas e não-ferrosas, de acordo com MAIA (2017). Fundições ferrosas são aquelas que fundem ferro (cinzento, branco, nodular, vermicular, etc.) e aço. Fundições não ferrosas empregam outros metais como alumínio, latão/bronze, cobre, entre outros.

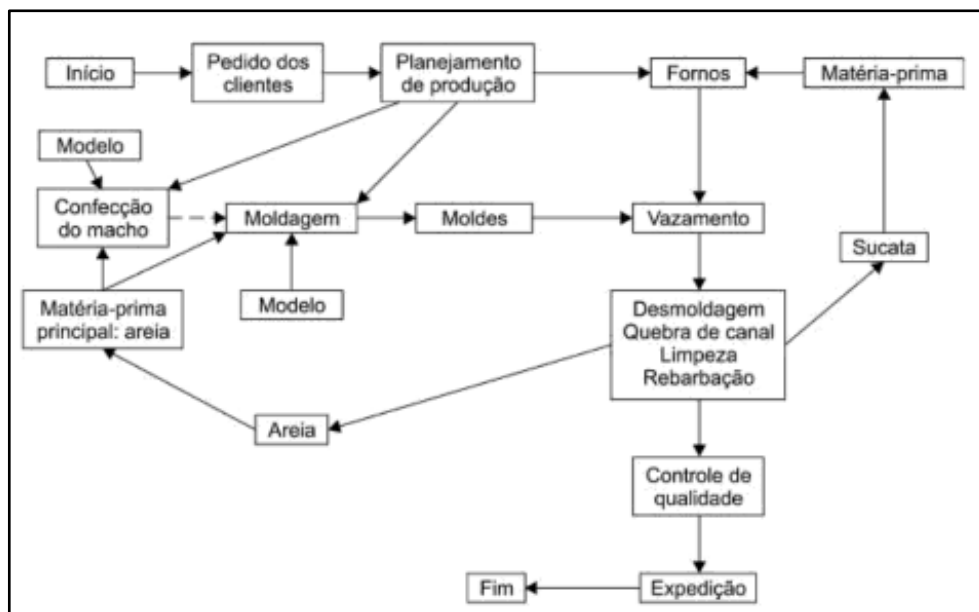
Conforme SENAI (1987) apud BALDAM & VIEIRA (2014), uma fundição precisa basicamente setorizar as etapas do processo. Na Figura 40, se apresenta o esquema de uma fundição com os seguintes setores:

- Projetos;
- Confeção e reparação de modelos, caixas de macho e elementos de modelo (modelação);
- Fabricação de peças fundidas, a fundição propriamente dita.

A fábrica de fundição é ainda constituída das seguintes áreas:

- Preparação da areia para moldação;
- Moldação;
- Confeção de machos, ou macharia;
- Preparação do metal líquido, ou área de fusão;
- Vazamento dos moldes;
- Rebarbação e limpeza, ou acabamentos das peças.

Figura 40 – Esquema básico de uma fundição.

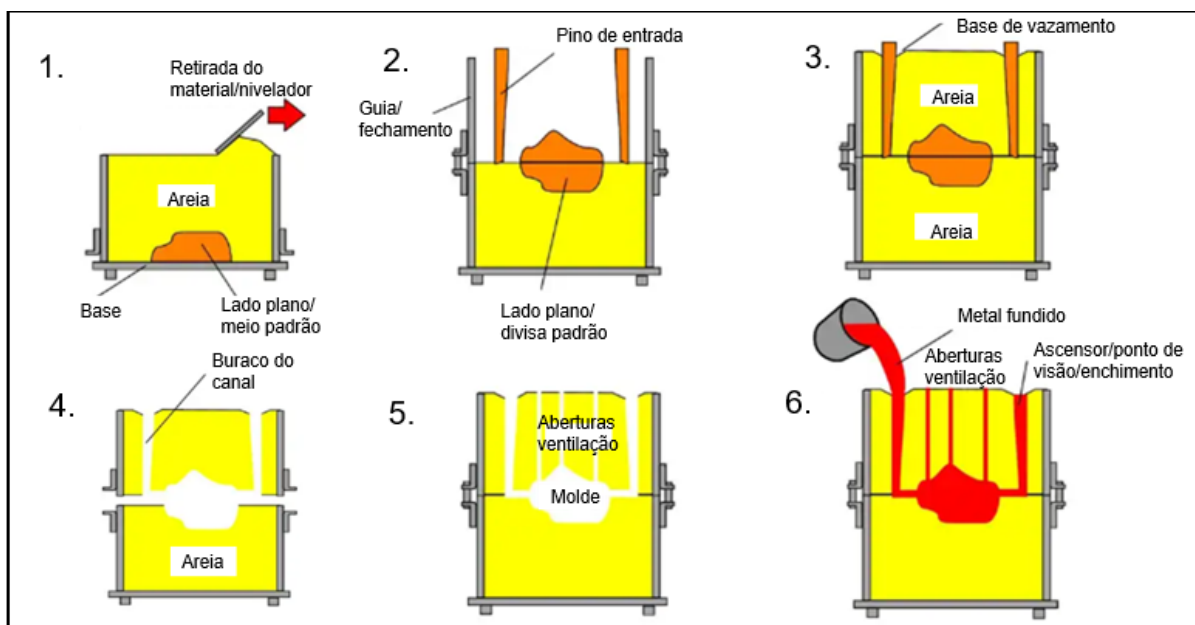


Fonte: Adaptado de Wobeto (2008) apud BALDAM & VIEIRA (2014).

Nesse caso, é notável que as indústrias de fundição não consideram área para armazenamento de resíduos que possam ser reutilizados ou que serão destinados ao descarte em seu fluxograma, podendo ter um setor específico para pesquisa e avaliação do produto.

Em Santa Catarina, o método de fundição em molde de areia é o mais comum e o material mais utilizado é a areia comum para o molde. Um molde em duas partes é formado mediante a compactação de areia ao redor de outro molde que possui a forma da peça que se deseja fundir. Além disso, um sistema de canais de alimentação é geralmente incorporado ao molde para acelerar o escoamento do metal fundido para dentro da cavidade e para minimizar defeitos internos de fundição, conforme CALLISTER (1999), Figura 41.

Figura 41 – Processo de modelagem para fundição em areia.



Fonte: Adaptado pela autora de BEN (2022).

O molde é o dispositivo no qual o metal fundido é despejado/vazado e cuja cavidade tem formato similar ao da peça final. É feito de material refratário e deve ser capaz de resistir às altas temperaturas dos metais líquidos sem fundir ou degradar.

A caixa de moldagem (em geral bipartida) contendo o modelo (positivo) da peça a ser fabricada é preenchida com areia de fundição a qual, subsequentemente, é compactada. O modelo é retirado da caixa e são feitos ainda os canais de distribuição e de vazamento (respiros) de metal líquido. Após este processo, as caixas (duas metades simétricas) são montadas formando um bloco cujo interior corresponde ao negativo da peça, isto é, vazio a ser preenchido pelo metal líquido, conforme. Figura 42, vide MAIA (2017).

Figura 42 – Imagem de uma caixa de moldagem para molde confeccionado em areia.



Fonte: (LIPPERT, 2014).

Esse método de moldagem apresenta vantagens em relação aos outros processos de fundição devido a maior liberdade na concepção de projetos dos modelos, menor consumo de energia elétrica e menor agressão ao meio ambiente, pois a quantidade de resíduos gerados é menor. O uso das areias é importante devido ao seu reaproveitamento sem a necessidade de tratamentos específicos de lavagem e queima, apenas de resfriamento, com quantidades mínimas de descartes, mostrando que o processo diminui os rejeitos de areia de fundição, conforme MARTINS (2003).

Nas indústrias de fundição, a areia é o principal resíduo gerado, vindo da fabricação de moldes e machos, com 86% do volume total de resíduos gerados. Quando não podem mais ser reintroduzidas no processo, são descartadas recebendo o nome de areias descartadas de fundição – ADF, de acordo com MARTINS (2003).

No processo de fundição, têm-se areias verdes (AV), ou areias de moldagem, que utilizam ligantes a base de argila, como bentonitas e pó de carvão de acordo com SCHEUNEMANN (2005) apud CASALI et al.(2018); e areias quimicamente ligadas (AL), conhecida como areias de macharia, fenólicas ou resinadas porque contêm ligantes orgânicos ou sintéticos que são chamados de resinados ou de macharia. Esses aditivos (resinas) incluem catalisadores que promovem o processo de cura a frio, e acabam correspondendo ao maior volume de resíduos gerados devido ao processo, podendo a areia ficar contaminada por metais pesados, dependendo do material de fundição, conforme MAIA (2017) e CASALI et al.(2018).

Neste caso, são consideradas da seguinte forma:

a) Areia Verde (AV)

Mais de 70% da produção mundial de fundidos é realizada pelo processo de moldagem por areia verde em que o aglomerante é a bentonita, devido às características coesivas e refratárias que são alteradas quando ocorre o vazamento do metal fundido, conforme PINTO (2013).

A areia verde é composta de materiais de ocorrência natural, os quais são misturados, areia de sílica de alta qualidade (85-95%), argila de bentonita (4-10%) como um ligante, um aditivo carbonáceo (2-10%), para melhorar o acabamento da superfície de fundição e de água (2-5%), resultando em areia de cor preta, em decorrência do teor de carbono. As areias verdes também podem conter vestígios de MgO , K_2O e TiO_2 , conforme SIDDIQUE & SINGH (2011) e SINGH & SIDDIQUE (2012) apud PINTO (2013).

Os moldes precisam ter resistência suficiente para atender às solicitações que irão sofrer, como boa colapsibilidade, permeabilidade e reusabilidade, segundo PINTO (2013). O maior volume de areia descartada é a de interface, que é queimada ao entrar em contato com o metal fundido em altas temperaturas, e a maior quantidade são de molde e macho de peças pequenas, vide MAIA (2017).

b) Areias Quimicamente Ligadas (AL)

As areias de moldagem ou de macharia utilizadas nas fundições são agregados finos, também chamadas de areias industriais, com tamanho de partícula que varia de 0,05 mm a 2 mm. As mais usadas são a areia de sílica (SiO_2), olivina ($(MgFe)_2SiO_4$), zirconita ($ZrSiO_4$) e cromita ($FeCr_2O_5$ ou $FeCr_2O_4$). Podem originar tanto machos quanto moldes em alguns casos, como nos sistemas Pep-Set, conforme MAIA (2017).

Quando as peças a serem fundidas apresentam cavidades ou detalhes, é necessário colocar no interior dos moldes de areia peças sólidas, denominadas machos, que devem ser fortes o suficiente para suportar o metal fundido e ter colapsibilidade suficiente para permitir sua remoção da peça fundida após o resfriamento. Por isso, são feitas de uma mistura compatível com o metal a ser vazado e com o tamanho da peça fundida, e extraídos por impacto, de acordo com HÖRLLE (2205) apud ADEGAS (2007) apud PINTO (2013).

Segundo SIDDIQUE & SINGH (2011) apud (2013), a areia ligada quimicamente consiste em 93 a 99% de sílica e 1 a 3% de ligante químico. Os produtos químicos mais comuns entre os sistemas aglutinantes usados são fenólico-

uretanos, resinas epóxi, e silicatos de sódio. SINGH & SIDDIQUE (2012) apud PINTO (2013) mencionam ligantes como ácidos fenólicos não cozidos, silicato de sódio, fosfato, resinas alquídicas (óleo) de uretano, etc.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA), em janeiro de 2016 foram produzidas 131.262 toneladas de ferro fundido que gerou aproximadamente 28.878 toneladas de resíduo de areia, equivalentes a 22% da quantidade total de ferro fundido produzido no período, segundo levantamento realizado por LOPES (2009) apud CASALI et al.(2018).

Comparando os quantitativos de janeiro a dezembro de 2020, foram produzidas 1.622.153 toneladas, e no mesmo período do ano de 2021 foram 2.036.521 toneladas de ferro fundido divulgado pela ABIFA (2023). Do total produzido, o equivalente a 6% do material produzido se tornou resíduo de ADF e foi destinado a aterro sanitário, o que mostra uma redução bastante relevante no intervalo de 5 anos.

De acordo com CASALI et al.(2018), somente na região de Criciúma, no Estado de Santa Catarina, foram descartadas cerca de 500 toneladas de areia por mês no ano de 2016.

No período de 2020 e 2021, foram destinados a aterros aproximadamente 1.509,00 toneladas por mês. Assim, a industrialização, o aumento do consumo e de poder aquisitivo da população colaboraram com o investimento em produtos provenientes do processo de fundição e consequentemente aumentaram a produção e a quantidade de material destinado a aterros.

De acordo com a ABIFA (2023), é possível identificar um aumento de 11% da produção de fundidos entre os períodos de 2021 e 2022. Houve possivelmente uma recuperação do setor pós pandemia, vide Tabela 7, relativa ao desempenho do setor de fundição.

Tabela 9 – Produção de fundidos (em toneladas) no Brasil (2021-2022), por tipo de metal.

PERÍODO	Dez/22	Nov/22	Dez/21	A/B %	A/C %	Jan-Dez/22	Jan-Dez/21	D/E %
METAL	(A)	(B)	(C)			(D)	(E)	
1 - FERRO TOTAL	153.583	188.042	138.007	18,30	11,30	2.263.584	2.036.521	11,10
2 - AÇO TOTAL	17.248	24.726	16.443	30,20	4,90	289.588	267.065	8,40
3 - NÃO FERROSOS	14.160	17.607	14.056	19,60	0,70	425.521	402.768	5,60
3.1 - COBRE	2.937	2.929	2.865	0,30	2,50	34.815	33.067	5,30
3.2 - ZINCO	98	98	98	-	-	1.176	1.176	-
3.3 - ALUMÍNIO	10.705	14.160	10.673	24,40	0,30	169.485	168.485	0,60
3.4 - MAGNÉSIO	420	420	420	-	-	5.039	5.040	-
3.5 - CHUMBO	0	0	0	-	-	215.000	195.000	10,30
4 - TOTAL GERAL	199.151	247.982	182.562	19,70	16,90	2.978.693	2.706.354	10,10

Fonte: Adaptado pela autora, ABIFA (2023).

São relevantes os quantitativos de produção de fundidos por região, considerando os mesmos períodos, com destaque para a região sul do Brasil, conforme Tabela 8.

Tabela 10 – Produção de fundidos (em toneladas) no Brasil (2021-2022), por região.

PERÍODO	Dez/22	Nov/22	Dez/21	A/B %	A/C %	Jan-Dez/22	Jan-Dez/21	D/E %
REGIÃO	(A)	(B)	(C)			(D)	(E)	
1 - CENTRO/MG	46944	51466	48708	8,80	3,60	613755	601075	2,10
2 - NORTE/NE	6896	8745	6762	21,10	2,00	104812	100261	4,50
3 - RIO DE JANEIRO	2994	13446	5304	77,70	43,60	159303	172112	7,40
4 - SÃO PAULO	46681	62576	38081	25,40	22,60	720531	615855	17,00
5 - SUL	81476	94142	69651	13,50	17,00	1380292	1217051	13,40
6 - TOTAL	184991	230375	168506	19,70	9,80	2978693	2706354	10,10

Fonte: Adaptado pela autora, ABIFA (2023).

A ADF depositada em aterros além de representar um passivo ambiental também é um desperdício de matéria-prima. Isso corresponde a um elevado custo para as indústrias de fundição, já que o preço da tonelada de areia descartada chega a R\$ 400,00, conforme MAIA (2017).

Um exemplo a citar é sobre as fundições do Paraná que produzem em média 150 mil toneladas de ADF por ano destinadas a aterros. Em todo o Brasil, são

produzidas 3 milhões de toneladas por ano. O descarte no Paraná se dá em aterros, o que encarece a produção das fundições com o frete e altas taxas cobradas na destinação desse resíduo. O valor médio é de R\$ 100 a tonelada, caindo para R\$ 20 a tonelada sendo usado na reciclagem na construção civil, segundo VICENTE (2022). O manejo deste resíduo no Estado do Paraná contribui com o atendimento à lei estadual 21.023/2022, que determina o encaminhamento para os aterros apenas do que realmente não pode ser reutilizado reduzindo risco de acidentes ambientais.

Outro fator a considerar é que o resíduo ADF também é reutilizado há mais de 30 anos na construção civil de países como Estados Unidos, França, Alemanha, Dinamarca, Japão e Austrália. Em Santa Catarina, a Lei Estadual 17.479 (2018) obriga a reutilização de ADF, conforme:

‘Art. 2º A utilização de ADF, na forma ambientalmente mais adequada, será destinada à produção de concreto asfáltico, de concreto e argamassa para artefatos de concreto, à fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido para artigos em cerâmica, ao assentamento de tubulações e de artefatos para pavimentação, base, sub-base, reforço de subleito para execução de estradas, rodovias, vias urbanas e para cobertura diária em aterro sanitário.’ (ALESC, 2018)

Um caso de reutilização da ADF foi no município de Joinville, onde foram empregadas 31 toneladas de ADF no lugar de argila para reforçar a estrutura do solo. Sendo o valor da argila de R\$ 50/m³, em substituição a ADF, o valor foi de R\$ 10/m³, reduzindo o custo de R\$ 4,3 mil para R\$ 877,80 com ADF. Vale citar que também a Companhia de Águas de Joinville vem economizando em torno de 40% dos custos ao utilizar ADF no assentamento de tubulações, VICENTE (2022).

É importante ressaltar que o município de Joinville já foi local de um amplo debate sobre os impactos socioambientais da atividade industrial, principalmente a metalomecânica e entre as indústrias. As atividades da Fundação Tupy, por volta de 1999, passaram a ser alvo de organizações ambientalistas locais e de ações do Ministério Público Federal (MPF). A empresa operava durante décadas sem qualquer medida para mitigar ou evitar os impactos negativos de suas atividades sobre o meio ambiente de Joinville, especialmente sobre o ecossistema da baía de Babitonga. Como comentado anteriormente, esse processo gera uma significativa quantidade de areia, resultante do processo de fabricação de peças de metal fundido, que podem apresentar resíduos tóxicos, como fenóis e metais pesados. Usualmente, tinham como destinação final um aterro sanitário, onde se acumulavam montes de areias que

chegavam a 21 m de altura. Também a atividade industrial do complexo gerava efluentes líquidos e gasosos que eram despejados sem tratamento no meio ambiente local, constituindo um risco para a saúde da população local, conforme MAPA DE CONFLITOS (2009).

Em uma análise de publicações realizadas sobre areia de fundição durante os anos 1971-2020, conforme SABOUR et al.(2021), as pesquisas direcionadas a este subproduto da indústria da fundição aumentaram de 1 artigo publicado no ano de 1971 para 38 em 2020. Têm-se que as indústrias de fundição utilizam essa areia muitas vezes e quando não é possível mais utilizar, é retirada da indústria de fundição e é chamada de areia de fundição residual (SRF), areia de fundição usada (SUF) ou areia de fundição gasta (SFS), conforme BILAL et al.(2019) apud SABOUR et al.(2021).

A gestão do resíduo ADF na indústria de fundição tem atraído a atenção de pesquisadores desde o ano de 2009, tendo seu pico em 2020, com avanços industriais e a necessidade de pagar ao destino final e recursos naturais utilizados. A sua manutenção leva as indústrias a reciclarem resíduos em vez de utilizar recursos brutos. As publicações selecionadas incluem 18 disciplinas diferentes como engenharia (33%), ciência dos materiais (17,5%) e ciência ambiental (16,9%) no topo dos tópicos das publicações selecionadas. A Índia e os EUA são o primeiro e o segundo países com 27% e 12% do número total de periódicos publicados, respectivamente, seguidos pela China, Brasil e Turquia, de acordo com SABOUR et al.(2021).

Considerando as características das areias provenientes dos processos de fundição, é necessário, antes de reutilizar este material ou até mesmo de descartar em aterros, classificar este resíduo conforme a ABNT (2004). A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhes deu origem.

De acordo com a ABNT (2004), as areias de fundição são classificadas como Resíduos Classe II - Não perigosos, e devem atender a diretrizes para aplicação destas areias descartadas de fundição como matéria-prima em concreto asfáltico e cobertura diária em aterro sanitário, conforme a ABNT – NBR 15702 (2009).

A ADF sendo um resíduo não perigoso, diminui os custos para armazenagem nos aterros sanitários e ainda possibilita reutilização em construção civil, vide MARTINS (2003).

Segundo MAIA (2017), as empresas do setor de fundição procuram alternativas como: reaproveitamento externo dos seus resíduos, redução dos desperdícios, redução no número de moldes, tratamento das areias de fundição que são normalmente descartadas em aterros, redução em emissões de gases de efeito estufa, economizando energia por ajudar na preservação de áreas naturais.

Têm-se também a reutilização das ADF como substituto das areias virgens, contribuindo para a preservação de ambientes naturais a partir da redução do consumo de recursos naturais, redução de emissões gasosas que resulta em ganhos econômicos com a redução do descarte em aterros. As ADF mais comuns para aplicações de reutilização são as areias verdes principalmente de fundições ferrosas e de alumínio, por não apresentarem em sua composição resinas orgânicas que podem apresentar toxicidade, vide MAIA (2017).

6.2.2 Confecção de Cerâmicas como Processo de Potencial de Aproveitamento de Resíduos

Os materiais cerâmicos são materiais inorgânicos e não metálicos, compostos por um metal e um não metal, para os quais as ligações interatômicas são predominantemente iônicas, mas com algum caráter covalente. O termo cerâmica vem da palavra grega *keramikos*, que significa “coisa queimada”, indicando que as propriedades eficazes desses materiais são normalmente alcançadas através de um processo de tratamento térmico denominado queima, segundo CALLISTER (2009).

Os materiais mais importantes desta classe eram denominados “cerâmicas tradicionais”, cuja matéria-prima é a argila e os produtos são porcelana, tijolos, pisos e azulejos, além de vidros e cerâmicas de alta temperatura. Ultimamente, há uma nova geração desses materiais e o termo cerâmica assumiu um significado muito mais amplo, incluindo eletrônicos, computadores, comunicação, aeroespacial e uma série de outras aplicações, conforme CALLISTER (2009).

Na sequência, apresentam-se os processos de fabricação de cerâmicas, onde entende-se ser possível a aplicação de areia descartada de fundição.

6.2.2.1 *Considerações gerais para processos de fabricação de revestimentos cerâmicos tradicionais*

Para BANSAL & BOCCACCINI (2012), a fabricação geral de um produto cerâmico consiste em uma série de etapas de processamento em que um ou mais pós iniciais devem ser transformados em um produto sólido com a forma e microestrutura desejadas. Devido a diversas aplicações de cerâmicas no mercado atual, os processos de fabricação serão tratados de forma genérica.

Segundo OLIVEIRA & HOTZA (2011), as massas cerâmicas para revestimentos, e em geral para outras aplicações tradicionais como sanitária e de mesa, são referidas como triaxiais em função de serem constituídas por três grupos distintos de matérias-primas com características intrínsecas diferentes: plásticas, fundentes e refratárias.

Para definição das matérias primas, têm-se o seguinte:

a) **Matérias-primas plásticas** são as constituídas por argilas, tais como as pertencentes aos grupos das caulinitas, montmorilonitas e ilitas. A plasticidade está relacionada à natureza estrutural das argilas. As argilas são definidas como aluminossilicatos hidratados, arranjos estruturalmente em camadas, as quais, permitindo inclusão de certa quantidade de água, tornam-se plásticas, podendo dessa forma ser trabalhadas, moldadas ou deformadas quando submetidas a um esforço.

b) **Matérias-primas fundentes**, podem ser naturais ou sintéticas ou mesmo obtidas a partir de resíduos sólidos industriais de caráter inorgânico, que têm a finalidade de diminuir a temperatura de queima das massas cerâmicas por meio da formação de fase vítrea viscosa de baixa temperatura fundentes feldspatos e/ ou feldspatoides sódicos ou potássicos.

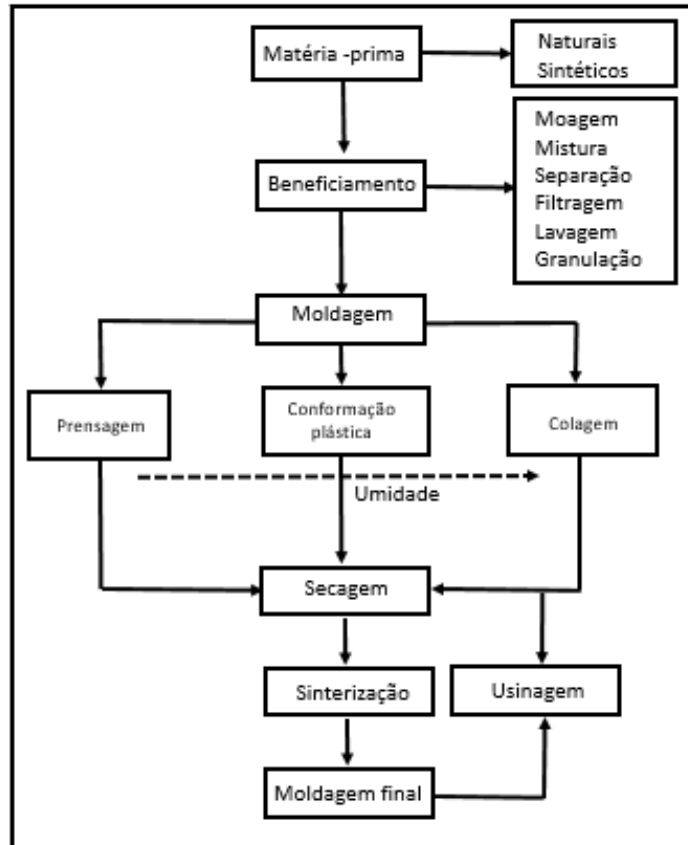
c) **Matérias-primas refratárias**, são os quartzos e os quartzitos, todos com relativamente elevados teores de sílica (85 a 96% em média).

Na fabricação da cerâmica, além da natureza química e mineralógica das matérias-primas, as características finais de um produto dependem fortemente dos parâmetros tecnológicos adotados ao longo do processo de fabricação.

A cerâmica é produzida de acordo com as seguintes etapas de processamento: (1) síntese e/ou preparação de pó para posterior consolidação; (2) consolidação dos pós em um corpo moldado autossustentado, o chamado corpo verde; (3) secagem e queima de produtos orgânicos; (4) sinterização em alta temperatura para atingir a microestrutura e propriedades finais; e (5) usinagem e modelagem finais, que é a etapa mais cara devido à dureza da cerâmica, conforme

BANSAL & BOCCACCINI (2012). A Figura 43 traz um fluxograma das principais etapas do processamento cerâmico.

Figura 43 - Fluxograma genérico de processamento cerâmico.

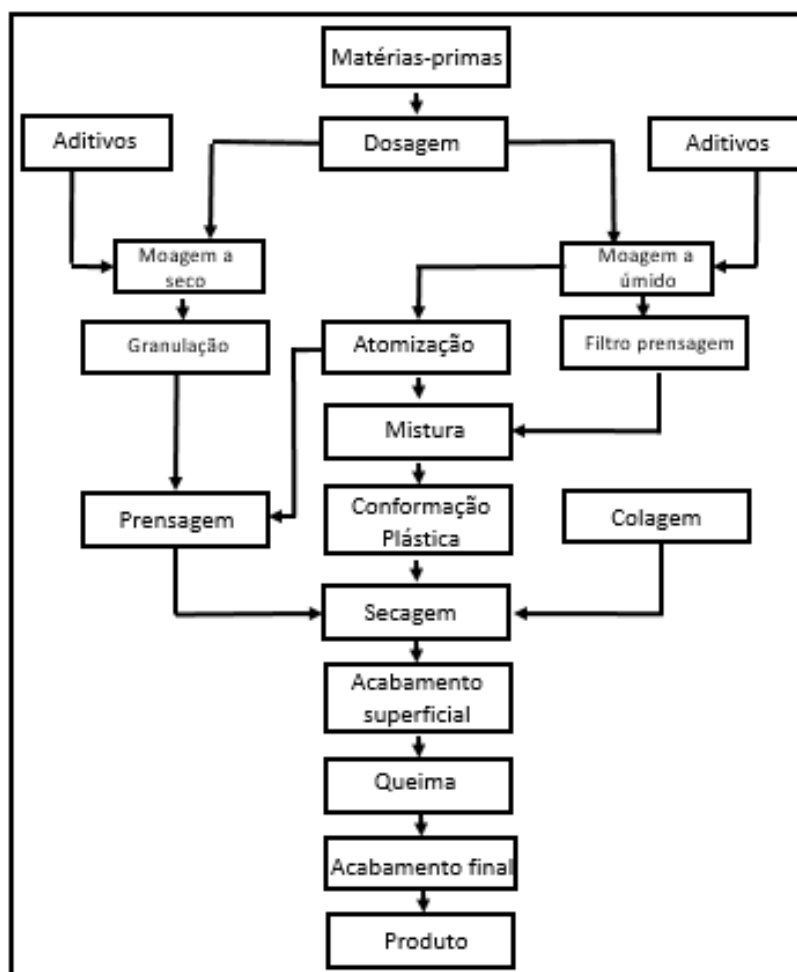


Fonte: BANSAL & BOCCACCINI (2012)

Em OLIVEIRA & HOTZA (2011), têm-se que na definição das condições de operação de um determinado processo é fundamental avaliar as relações entre os aspectos tecnológicos, de natureza física e química, sendo definidos caminhos alternativos para diversas etapas do processamento como na Figura 44 e no exemplo abaixo:

- moagem a seco → granulação → prensagem → queima;
- moagem a úmido → atomização → prensagem → queima;
- moagem a úmido → filtro-prensagem → conformação plástica → queima.

Figura 44 - Fluxograma alternativo do processamento cerâmico.



Fonte: OLIVEIRA & HOTZA (2011).

A primeira etapa é a definição e seleção das matérias-primas, que podem ser naturais ou sintéticas. Esses pós normalmente requerem uma transformação através de diferentes processos de beneficiamento como moagem e mistura, lavagem, separação, filtração e granulação para torná-los adequados para consolidação. No caso da prensagem a seco, isso contribui para melhorar a compactação e maior densidade. Alternativamente, além da prensagem, produtos cerâmicos podem ser submetidos à extrusão, moldagem por injeção ou colagem de barbotina, de acordo com BANSAL & BOCCACCINI (2012).

6.2.2.2 Processos de fabricação de cerâmica de mesa

A maioria dos produtos à base de argila se enquadra em duas classificações: produtos estruturais, incluem tijolos de construção, telhas e canos de

esgoto em que a integridade estrutural é importante; e cerâmica branca, que fica branca após a queima em alta temperatura, como porcelanas, cerâmicas, talheres, louças e louças sanitárias, utensílios domésticos, conforme CALLISTER & RETHWISCH (2009).

Além da argila, muitos desses produtos também contêm materiais como ingredientes não plásticos, que influenciam as mudanças que ocorrem durante os processos de secagem e queima, bem como e as características da peça acabada.

Para BROWN (1995) apud ANDRADE et al.(2005), o termo argila plástica (*ball clay*) é originário da Inglaterra e designa uma argila de origem sedimentar com plasticidade muito elevada, composição essencialmente de caulinita, variadas quantidades de impurezas e matéria orgânica. Ainda se tem dois tipos de caulinita, sendo uma com características plásticas oriundos de depósitos residuais, onde os argilominerais tendem a ser maiores e com cristalização mais desenvolvida e outra não.

Conforme visto em ANDRADE et al.(2005), os tipos plásticos geralmente são caulinitas sedimentares, e montmorilonita que responde pela plasticidade de vários tipos de argilas. A cor resultante do processo de queima é função das impurezas contida no material; o óxido de ferro é, por exemplo, responsável pela coloração avermelhada. Outros produtos, como tijolos, louças sanitárias e de barro, bem como isolante elétrico de porcelana, requerem, de forma isolada, argilas plásticas nas suas composições para imputar-lhes propriedades distintas exigidas ao produto final.

A cerâmica branca é um grupo muito diversificado, o qual compreende os produtos obtidos a partir de uma massa de coloração branca, em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor, como por exemplo, louça de mesa, louça sanitária e isoladores elétricos, de acordo com NANDI (2013).

Conforme MASON (2010), os processos de conformação e queima empregados na fabricação de produtos de louça branca, são tipicamente a prensagem na conformação de azulejos, louças químicas e porcelanas técnicas; extrusão, na conformação de ladrilhos e louças sanitárias (inclusive tubos); e colagem de barbotina, na formação de louças sanitárias e alguns utensílios de mesa.

Ainda segundo MASON (2010), a maioria das louças brancas são queimadas em fornos de túnel contínuos, sendo as variedades porosas em temperaturas mais baixas entre 1100 e 1250 °C; as porcelanas são queimadas em

1250 a 1300 °C; as louças brancas porosas e semivítreas podem ser vitrificadas em uma segunda queima para produzir um revestimento de vidro impermeável para fins decorativos ou funcionais.

Para produção de louças brancas ou de mesa, o processo de produção é o mesmo que descrito no item 6.2.2, diferenciando principalmente a matéria prima empregada e as temperaturas diferenciadas de queima, nas Figuras 45 e 46, têm-se louças não queimadas empilhadas em carrinhos de forno antes da queima e entrando em um forno.

Figura 45 - Louças não queimadas empilhadas em carrinhos de forno antes da queima.



Fonte: MASON (2010).

Figura 46 - Louças entrando em um forno.



Fonte: MASON (2010).

6.2.2.3 *Processos de fabricação de produtos de vidro.*

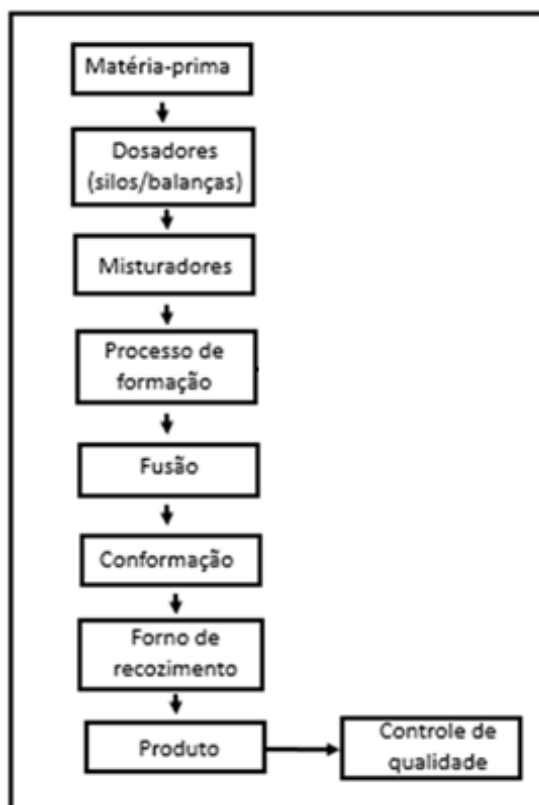
Para PEREIRA (2006) apud VETTORATOL et al.(2021), o vidro é um material sólido obtido através do resfriamento de uma massa em fusão, de algumas substâncias inorgânicas, em geral composto por areia de sílica e óxidos metálicos secos pulverizados ou granulados.

De acordo com CALLISTER & RETHWISCH (2009), os vidros são silicatos não cristalinos contendo outros óxidos, notadamente CaO , Na_2O , K_2O e Al_2O_3 , que influenciam as propriedades. Um vidro típico de soda-cal consiste em aproximadamente 70% SiO_2 , Na_2O (soda) e CaO (cal). As duas principais vantagens destes materiais são a sua transparência óptica e a relativa facilidade com as quais eles podem ser fabricados.

Segundo BAUER (2015) apud VETTORATOL et al.(2021) esse material é composto basicamente por sílica ou dióxido de silício (SiO_2), com valores entre 60% e 80% em massa.

Basicamente, o processo de fabricação do vidro segue o fluxograma mostrado na Figura 47.

Figura 47 – Fluxograma de fabricação de vidros.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na metalurgia, têm-se a utilização de areia de sílica (SiO_2) no processo de fundição. Embora este material retorne ao ciclo produtivo para reaproveitamento algumas vezes, acaba-se gerando o resíduo devido a impossibilidade de reutilizá-lo. Assim, o processo de fabricação de cerâmicas torna-se uma alternativa, uma vez que esse material possui características triaxiais (plástica, fundente e refratária). A sua composição possui areia (SiO_2) como material refratário, podendo viabilizar a aplicação de ADF promovendo o uso alternativo aos aterros desse resíduo.

6.2.3 Estudos de Caso para Aplicação de Areia de Fundição

BRAGANÇA et al.(2006) avaliaram a viabilidade de produção de louças brancas triaxiais utilizando areia de moldes de ferro fundido como matéria-prima em vez de sílica, e vidro reciclado em vez de feldspato nas proporções de 15%, 25%, 35% e 45% de areia de fundição e de vidro reciclado. As formulações foram preparadas utilizando areia, resíduos de vidro e argila branca de forma que apenas 50% da composição fosse material virgem (argila). As 6 amostras foram preparadas por

prensagem e queima em diferentes temperaturas (entre 1100 e 1300°C). Em seguida, foram caracterizados em termos de densidade verde antes da queima; e resistência à flexão, retração linear e absorção de água após a queima. Os resultados mostraram que é possível produzir cerâmicas triaxiais utilizando essas matérias-primas alternativas. A absorção de água diminuiu com o aumento das temperaturas de queima, bem como há maior densificação e resistência mecânica após a queima para temperaturas entre 1200 e 1250°C.

RUFINO & GALDINO (2015) desenvolveram um estudo para a produção de mistura de argamassa para construção civil reutilizando resíduos de fundição, como escória de fornos por indução e areia calcinada de macharia. Empregaram resina em pó de poli(cloreto de vinila) (PVC) e um aditivo plastificante líquido (Sulfonol NSDC) na composição da argamassa para reduzir a absorção de água no material e melhorar suas propriedades. Foram elaboradas 5 amostras de argamassa, sendo um padrão, e feitos os ensaios de absorção de água, porosidade e densidade aparente e mecânico, avaliando o limite de resistência à compressão. As composições propostas apresentaram resultados nos ensaios físicos de 30% a menos na absorção de água e 31% a menos na porosidade aparente. Os resultados dos ensaios mecânicos ficaram em conformidade com as especificações da NBR 8953. No entanto, sua produção ainda não é atrativa devido ao alto preço da resina de PVC adicionada a composição proposta.

CASALI et al.(2018) elaboraram um estudo sobre a influência do teor do resíduo de areia de fundição fenólica em argamassas de revestimento. Foram confeccionadas argamassas mistas, substituindo a areia natural, em volume, nos teores de 0%, 10%, 30% e 100% pelo resíduo de areia de fundição. Foram realizados ensaios de corrosividade, reatividade, lixiviação e solubilização. Com os dados obtidos foi possível verificar a influência do resíduo de areia de fundição nas propriedades do estado fresco (principalmente na argamassa com 100% do resíduo de areia de fundição, que demandou uma quantidade de água maior para a mesma consistência) e do endurecido (redução nas resistências, na densidade de massa e no módulo de elasticidade).

Outros estudos foram desenvolvidos em argamassa por ARMANGE (2003), KRUGER et al. (2013), MELLO (2004) e KHANDURI (2010), que utilizaram areia verde. Há também os estudos realizados por FERREIRA E SILVA (2011), TOLEDO et al. (2013) e MIGUEL et al. (2015), que utilizaram areia quimicamente ligada. Desse

modo, os resíduos de areias de fundição são distintos, então sua incorporação pode influenciar de forma diferente nas propriedades dos materiais, sendo necessário uma análise crítica dos resultados obtidos em relação ao tipo de resíduo utilizado.

MAIA (2017) desenvolveu uma dissertação sobre valorização de areias de fundição e conchas de ostras na produção de vidros sódico – cálcicos. Nesse trabalho, foram utilizados para a produção de vidraças para janelas, garrafas e algumas lâmpadas. Foram elaboradas e analisadas 6 amostras de vidros compostos por ADF verde, ADF quimicamente ligadas e material de concha de ostra moída, e caracterizadas quanto às suas propriedades físicas, químicas e térmicas. Todos os vidros produzidos com resíduos apresentaram comportamento similar e valores de condutividade térmica um pouco acima daqueles do vidro comercial (VC) que costumam apresentar condutividade térmica da ordem de 1 W/m.K. Se o isolamento térmico ou a elevada condutividade térmica fossem importantes propriedades requerida, as variações observadas nos valores das medidas seriam insignificantes. A variação de temperatura e o coeficiente de expansão térmica linear (α) exercem influência na capacidade de um vidro resistir às mudanças bruscas de temperatura (resistência ao choque térmico e resistência mecânica). Vidros de sílica de alta pureza podem resistir a variações bruscas de temperatura de até 1000 °C, enquanto vidros comerciais típicos (sódico-cálcicos), podem resistir a variações de até 100 °C. Valores de microdureza Vickers se apresentaram uniformes, com valor médio de 5,6 GPa. Vidros sódico-cálcicos, submetidos à microdureza Vickers, com carga de 100 g, costumam apresentar um valor de cerca de 5,4 GPa, já vidros de sílica de alta pureza alcançam 6,0 GPa, de acordo com MAIA (2017).

ANDRADE et al.(2018) empregaram areia descartada de fundição em concreto de cimento Portland. O material foi coletado em empresa localizada na cidade de Joinville, SC, após geração e saída do processo e imediatamente antes de ser transportada para o aterro sanitário. A ADF possuía como elemento aglutinante a argila bentonítica e o pó de carvão caracterizando-a como resíduo da areia verde de fundição. Foram efetuadas caracterizações físico-químicas, além de avaliação de toxicidade da ADF para classificá-la como resíduo classe II e inerte. Foram feitos testes de incorporação em concretos de cimento Portland e avaliados os desempenhos em misturas de concreto com relação água cimento de 0,50 e 0,60 e teor de substituição de agregado miúdo por ADF de 10%, 20% e 30%, além das misturas de referência sem substituição. Os resultados de resistência à compressão,

mostraram aumento enquanto o fator a/c 0,50, ao aumentar a quantidade de água houve uma redução deste valor com relação ao módulo de elasticidade, foi observado uma diminuição com relação aos valores das misturas de referência para as misturas 0,60-20% e 0,60-30%. Este comportamento foi similar ao verificado para os valores obtidos de resistência à tração na flexão, com as misturas de menor fator a/c com pouca variação (exceção da mistura 20%) enquanto as misturas com maior fator a/c sofreram uma redução significativa nos teores de substituição de 20% e 30%. Concluiu-se que a presença de pó de carvão e de bentonita na ADF aumentou a quantidade de material pulverulento, esse material fino elevou a demanda de água e/ou aditivo redutor de água/plastificante e que é possível utilizar ADF em concretos estruturais para usos gerais com as características semelhantes até um teor de 30% de substituição de ADF e relação água/cimento de 0,50.

DYER et al.(2022) caracterizou o resíduo industrial ADF como agregado segundo as metodologias para agregados da construção. Foram produzidos lotes de artefatos de cimento contendo 33% de ADF (em massa). Os resultados mostraram viabilidade técnica em relação às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para agregados e artefatos de cimento, e uma economia proporcionada da ordem de 1 a 10 %, além de benefícios na cadeia de produção e descarte deste resíduo. Foram produzidos lotes de artefatos de cimento, como blocos de vedação, de dimensões: 140 mm de largura, 190 mm de altura e 390 mm de comprimento, vazados com 25 mm de espessura, conforme Figura 48. Destes lotes, 50% foram confeccionados utilizando ADF como agregado, e o restante como bloco de referência. A proporção de 33,3 % de ADF foi definida devido à elevada perda de qualidade dos artefatos com taxas superiores, enquanto taxas inferiores a 33,3 % não impactavam significativamente em termos ambientais e econômicos. Durante a fabricação dos lotes, a proporção de cimento foi fixada em 1 parte para cada 9 partes em volume de agregados.

Figura 48 – Produção dos blocos de construção com ADF.



Fonte: DYER et al.(2022).

DYER et al. (2021) avaliaram o comportamento mecânico e estrutural de misturas betuminosas a quente contendo areia de fundição. A pavimentação asfáltica é uma grande consumidora de agregados minerais, que são recursos naturais esgotáveis. Logo, a reutilização de ADF para estradas é alternativa ao descarte desses resíduos. Foram produzidas misturas de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) contendo ADF em peso, tendo como relação à areia manufaturada de 25%, 50%, 75% e 100% originárias de aterro industrial e siderurgia. Essas amostras de corpos de prova cilíndricos foram submetidas a ensaios mecânicos de tração por compressão diametral, com valores de 2,0 MPa, para as misturas contendo 50% de RAF e de 1,5 MPa nas misturas contendo 100% de RAF. No ensaio de módulo de resiliência foram obtidos valores de 2500 a 6000 MPa. As características microestruturais das misturas asfálticas contendo ADF foram visualmente diferenciadas das misturas convencionais revelando a possibilidade de pouco revestimento de ligante nos grãos finos. Entretanto, a caracterização elementar das misturas asfálticas foi muito semelhante entre a mistura contendo ADF, sendo este reaproveitamento no pavimento asfáltico tecnicamente viável, criando uma alternativa ao descarte de subprodutos e redução dos custos financeiros-ambientais de rodovias.

SOARES & LESSA (2021) investigaram a viabilidade da substituição da brita pelo resíduo proveniente dos moldes cerâmicos do processo de fundição de precisão em concretos de alta resistência com 50 MPa. O resíduo foi caracterizado e incorporado a corpos de prova com variações de 25%, 50%, 75% e 100% em substituição da brita. Foram realizados os ensaios com 3, 7 e 28 dias de cura das

amostras com amostra de referência. Ao final de 28 dias de cura do concreto, com substituição do agregado graúdo (brita) pelo resíduo, atingiram a resistência mecânica no ensaio de compressão acima de 50 MPa), com exceção do concreto com substituição total da brita pelo resíduo, que mostrou uma queda de 6% na resistência à compressão. Assim, a substituição em sua totalidade do agregado graúdo pelo resíduo cerâmico proveniente do processo de fundição é viável.

PABLOS et al.(2009) de reutilizaram areias de fundição na fabricação de tijolos maciços e peças decorativas. Foi avaliada a estabilização do resíduo em matrizes solidificadas de cimento Portland, melhoradas através da adição de sílica ativa e/ou aditivo superplastificante. Foram utilizadas duas composições na fabricação de tijolos maciços e na confecção de peças decorativas trazendo resultados que comprovam a viabilidade técnica para aplicação apresentando excelente valor agregado e potencial de comercialização.

KLINSKY & PESSA (2010) reaproveitaram a areia de fundição como material de base e sub-base de pavimentos flexíveis. Foram confeccionadas 5 amostras, com mistura de solo argiloso e areia de fundição em diferentes teores, em peso (0%, 20%, 40%, 60%, 70%). Concluiu-se que misturas compostas de 60% de areia de fundição e 40% de solos argilosos da região de Sertãozinho-SP, ou mesmo aquelas com 70% de areia e 30% de solo poderiam ser utilizadas como material para construção de bases e sub-bases de pavimentos de baixo volume de tráfego.

6.2.3 Cálculo de GEE para o Transporte entre Criciúma e Joinville

Nesta pesquisa, a reutilização da areia de fundição descartada (ADF) exige a análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao transporte terrestre do material. Esse levantamento é essencial para que, além de evitar o envio do resíduo aos aterros sanitários, a iniciativa também promova a sustentabilidade por meio da redução da pegada de carbono, contribuindo para uma gestão ambiental mais eficiente e responsável.

No caso em questão, têm-se os quantitativos de resíduos de ADF das regionais de Joinville e Criciúma que são de 149.366,00 e 36.212,71 toneladas respectivamente, considerando a concentração maior de atividades econômicas de natureza metalúrgica e cerâmica, ondes são gerados os maiores volumes de areia de

fundição encaminhadas para aterros que podem ser reaproveitadas em maior quantidade nos processos cerâmicos.

Considerando os valores totais de emissão de CO₂ eq para as seguintes situações: caminhão rígido médio e caminhão articulado, para se ter a diferença entre os dois tipos de transporte terrestre, considerando a movimentação entre Joinville e Criciúma e dentro do município de Criciúma, têm-se os resultados obtidos na Tabela 11.

Tabela 11 – Quantidade de CO₂ eq, para dois tipos de transporte terrestre e distâncias entre Joinville e Criciúma e somente dentro do município de Criciúma.

Regiões/ Clientes	Distância (km)	Peso da carga total transportada (ton)	Categoria do veículo	Peso da carga (ton)	Fator de emissão (kg CO ₂ e/ton*km)	Emissões (kgCO ₂ e) por carga	Quantidade de cargas	Emissões (kgCO ₂ e) total
Joinville - Criciúma	363,00	149.366,00	Caminhão- rígido média (3,5 a 7,5 toneladas)	3,86	0,46124	646,28	38.695,85	25.008.367,3
	363,00	149.366,00	Caminhão – articulado (3,5 a 33 toneladas)	11,43	0,11964	496,40	13.067,89	6.486.863,81
Criciúma - Criciúma	15,00	36.212,71	Caminhão- rígido (3,5 a 7,5 toneladas)	3,86	0,46124	26,71	9.381,53	250.541,26
	15,00	36.212,71	Caminhão – articulado (3,5 a 33 toneladas)	11,43	0,11964	20,51	3.168,22	64.987,33

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

O valor final, com menor quantidade de emissão de CO₂eq para o período de 2020 e 2021 é de 6.486.863,81 kg, considerando a rota entre Joinville e Criciúma, têm-se o equivalente a 270.286,00 kg emitidos por mês para o período de referência ao executar o transporte deste material a fim de reutilizá-los em outro processo, como sugestão para o processo de fabricação cerâmica. O valor de 270.286,00 kg emitidos por mês é equivalente às 12.286,00 unidades de árvores com seu sequestro anual de CO₂, conforme ALPLA (2024).

O valor para transporte deste material entre as regiões de Joinville e Criciúma, considerando o cenário mais desfavorável por frete de um caminhão articulado, pois é preciso levar em consideração que este valor é de difícil acesso nas empresas que retiram e armazenam em aterros.

Para transportar e armazenar o volume total de ADF em aterros, o dado mais recente encontrado foi de 2007, em que o valor do investimento/custo era de R\$ 70,00/tonelada, segundo ADEGAS (2007), se tem estimado na Tabela 12 os valores para frete.

Tabela 12 - Valor de cada frente entre as regiões de Joinville e Criciúma, considerando o uso de caminhão articulado e encargos sociais aplicados.

Combustível	Valor (R\$/l)	Média (km/l)	Distância (Joinville-Criciúma) - km	Custo ida e volta (R\$)	Encargos/Manutenção (50%) (R\$)
Diesel S-10	5,9	2,0	363,0	2123,6	3185,3

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Sobre o combustível utilizado para o transporte, o diesel é o principal contribuinte para as emissões de GEE. É importante salientar que os motores a diesel produzidos após 2012 foram desenvolvidos para utilizarem somente o diesel S-10 e os que foram produzidos antes desse período ainda podem utilizar o diesel S-500. De acordo com a NACIOPETRO (2021), esses dois tipos de diesel são os mais populares e acessíveis no mercado, e a diferença entre eles está no teor de enxofre presente na composição. Enquanto o diesel S-10 possui 10 partes de enxofre por milhão, o diesel S-500 possui 500 partes por milhão, logo o diesel S10 conta com maior poder de limpeza e detergência natural.

SILVA et al. (2017) consideram a mistura do biodiesel ao óleo diesel, sendo obrigatória desde 2008, e os percentuais dessa “mistura” aumentam em determinados períodos. Atualmente, a porcentagem obrigatória é de 10% no combustível comercializado aos consumidores. Há também o Óleo Diesel A proveniente de processos de refino de petróleo sem a adição de biodiesel; e o Óleo Diesel B, que é o diesel tipo A com adição de biodiesel. O Diesel S-10 surgiu como tentativa de atender aos limites de emissão de gases poluentes estabelecidos pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), que passou a valer em 2012, de acordo com MOURA (2022).

O Governo Federal, na busca de incentivar investimentos por inovações tecnológicas e desenvolvimento mais limpo, através do Decreto nº 5.882 (2006) que regulamenta o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, com o objetivo de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, nos termos

da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, através de atividades relacionadas ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL ou outros mercados de carbono, incluindo rateio entre os consumidores e comercialização de créditos de carbono de projetos do PROINFA ou dos direitos a eles relativos, em benefício do empreendedor.

6.2.3.1 *CONSIDERAÇÕES SOBRE EMISSÕES DE GEE*

A análise de emissões de GEE para o transporte do resíduo ADF é simplificado, uma vez que é uma estimativa calculada pela distância para que seja possível ter uma dimensão do volume de gases emitidos.

Esta previsão deve fazer parte do inventário anual do responsável pela emissão, onde o mesmo deverá adotar um plano de ação com medidas para redução e compensação nesta movimentação de material.

De acordo com relatório de análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil emitido pelo SEEG (2024), em 2023 as emissões brutas de gases de efeito estufa do Brasil foram de 2,3 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂ e), em que isso representa uma redução de 12% em relação a 2022, quando o país emitiu 2,6 bilhões de toneladas.

A maior parte das emissões vieram das mudanças do uso da terra sendo 46% em 2023, contra 53% em 2022; depois por desmatamento para produção agropecuária, somando as mudanças de uso da terra e desmatamento devido a expansão da área de pasto conclui-se que a atividade agropecuária responde por 74% de toda a poluição climática brasileira, conforme SEEG (2024).

No setor de resíduos as emissões cresceram 1%, para 92 MtCO₂e, neste caso as emissões do setor são marcadas pelo aumento da população e avanços no acesso aos serviços de saneamento, bem como no aproveitamento dos gases gerados no tratamento de resíduos, mas têm-se que o setor de resíduos se manteve com 4% das emissões de GEE nos anos de 2022 e 2023, e o setor de processos industriais e uso de produtos, 4% da emissão de GEE – dióxido de carbono equivalente – cada um nos anos de 2022 e 3% em 2023, informações coletadas no SEEG (2024)

Observa-se que a contribuição destes setores é a menor diante do uso da terra e no setor agropecuário, mas não menos relevante visto que o inventário de quantifica e monitora a fonte emissão destes gases.

Tanto para resíduos e processo produtivo, a expectativa é que a empresa tenha inserido em seu sistema de gestão políticas de sustentabilidade para emissão de GEE, pois a intenção de calcular a quantidade de GEE emitidos durante o transporte de resíduos de ADF é resultante da necessidade para solucionar um problema e não gerando outros que possam comprometer o bom resultado de uma ação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo realizou um diagnóstico abrangente sobre a geração, transporte e destinação de resíduos não-orgânicos em Santa Catarina, com base nos dados fornecidos pelo Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA). A análise, centrada em resíduos superiores a 100 toneladas durante 2020 e 2021,

Foi possível identificar que:

- Das 16 coordenadorias regionais especificadas pelo IMA, as regiões de Joinville, Criciúma e Blumenau são as maiores geradoras de resíduos, representando 29%, 12,7% e 12,5% dos resíduos do estado, respectivamente, atribuído ao alto número de atividades industriais significativas nessas áreas;
- A regional de Joinville sozinha abriga aproximadamente 22% das empresas catarinenses que geram resíduos industriais, seguida por Blumenau (21,1%), Criciúma (10%), e Jaraguá do Sul (8%) e Itajaí (8%);
- A origem dos resíduos sólidos inclui principalmente processos de papel e celulose (35%), processos térmicos envolvendo ferro e aço (25%), resíduos da construção civil (17%) e resíduos da indústria têxtil (6%);
- Aproximadamente 46% de todos os resíduos gerados são destinados a aterros, enquanto 36% são reciclados;
- A indústria de transformação, em particular, envia 30% de seus resíduos para aterros, com outros 36% sendo reciclados.

A divisão regional destacou ainda que:

- Em Blumenau, 19% dos resíduos são de processos de fundição e 22% de processos de acabamento, com 82.000 toneladas no período 2021-2022 direcionadas a aterros, quase metade dos quais originários de processos de fundição;
- Em Criciúma, 15% dos resíduos são de areias e argilas e 22% de lodo, com 18% indo para aterros e 68% sendo reciclados;
- Em Joinville, os resíduos incluem 21% de resíduos de acabamento, 16% de escórias de forno e 29% de misturas de cimento, com 48% descartados em aterros e 45% reciclados;

- De acordo com a análise quantitativa, a areia de fundição (ADF) foi identificada como o resíduo industrial de maior volume atualmente destinado a aterros sanitários. Considerando sua composição sólida e o potencial para reutilização e reciclagem, a areia verde apresenta viabilidade para aplicação em diversos processos produtivos. Além do uso na fabricação cerâmica, há estudos que demonstram seu aproveitamento como substituto de agregados miúdos e graúdos na construção civil.
- Na avaliação da pegada de carbono associada ao transporte da ADF para reaproveitamento em diferentes regiões de Santa Catarina, observou-se que, no caso específico do trajeto de Joinville para Criciúma, a operação não se mostra economicamente viável. As dificuldades estão relacionadas ao intenso fluxo de veículos de passeio e caminhões pesados, além da depreciação dos equipamentos de transporte causada pelas condições precárias da infraestrutura rodoviária estadual.

Esta avaliação evidencia a necessidade de esforços contínuos voltados à sustentabilidade na gestão de resíduos, com o objetivo de reduzir as emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa. Tal abordagem contribui para a preservação dos ecossistemas, a proteção da saúde humana e o prolongamento da vida útil tanto das pedreiras de recursos naturais quanto dos espaços destinados a aterros.

Com base nas conclusões deste estudo, algumas recomendações são propostas para aprimorar a gestão de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina:

- Incentivar políticas públicas e fomentar parcerias com o setor empresarial, visando ampliar a reutilização e a reciclagem dos resíduos industriais, reduzindo a dependência de aterros sanitários e promovendo novos modelos de negócios baseados na valorização dos materiais descartados;
- Melhorar a qualidade e a confiabilidade dos dados disponíveis nos sistemas de controle ambiental, assegurando maior rastreabilidade dos resíduos e facilitando a implementação de práticas mais sustentáveis;
- Desenvolver estratégias que reduzam a necessidade de transporte de resíduos a longas distâncias, priorizando soluções locais e regionais que diminuam as emissões de gases de efeito estufa e tornem o processo de gestão mais eficiente;

- Estimular a cooperação entre indústrias, instituições de pesquisa e órgãos reguladores para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras voltadas à conversão de resíduos em novos produtos e insumos industriais.

Este trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre a geração e a destinação de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina, oferecendo uma base técnica para ações futuras voltadas à sustentabilidade e à consolidação da economia circular no setor. A continuidade da pesquisa permitirá explorar novas possibilidades de aplicação para os resíduos identificados, bem como aprimorar metodologias de avaliação de impacto ambiental e eficiência logística na gestão desses materiais.

9 REFERÊNCIAS

- ABAL. (2023). *RECICLAGEM no Brasil*. Acesso em 28 de jan de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO: <https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>
- ABCP. (dez de 2022). *Panorama do Coprocessamento, Uma Tecnologia Sustentável*. (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP) Acesso em 22 de mar de 2023, disponível em Coprocessamento, Uma Solução Definitiva para o Resíduo: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Panorama_Coprocessamento_2022_Ano_Base_2021.pdf
- ABEAÇO. (2023). *Saiba Quais São os Benefícios do Aço para o Meio Ambiente*. Acesso em 28 de jan de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM DE AÇO: <https://abeaco.org.br/quem-somos/>
- ABIAD. (2022). *Acompanhamento de Performance da Logística Reversa*. (F. Soleir, Produtor) Acesso em 27 de fev de 2022, disponível em Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD): <https://abiad.org.br/grupo-de-acompanhamento-de-performance-gap-da-logistica-reversa/>
- ABIFA. (2023). *Índices Setoriais*. Acesso em 30 de Ago de 2023, disponível em Associação Brasileira de Fundição - ABIFA: <http://www.abifa.org.br/wp-content/uploads/2014/06/12-BOLETIM-DEZEMBRO-22-Chumbo.pdf>
- ABIFA. (2023). *Normas Técnicas*. Acesso em 14 de fev de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO.: <https://www.abifa.org.br/wp-content/uploads/2022/02/RevistaABIFA-Janeiro2022.pdf>
- ABIOGÁS. (2022). *Programa Nacional de Biogás e Biometano*. Acesso em 11 de jul de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS: <https://abiogas.org.br/biblioteca>
- ABIPET. (2021). *PET Planet Insider*. Acesso em 24 de jan de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET: <https://abipet.org.br/wp-content/uploads/2022/02/3a835d3215755c435ef4fe9965a3f2a0.pdf>
- ABIPET. (2022). *Censo de Reciclagem no Brasil*. Acesso em 24 de jan de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET: <https://abipet.org.br/wp>

content/uploads/2022/12/Infografico_12_Censo_da_Reciclagem_no_Brasil-Novembro_2022.pdf

- ABIPLAST. (2020). *4ª Pesquisa Anual de Índice de Reciclagem no Brasil*. Acesso em 27 de jan de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2023/01/pesquisa-links.pdf>
- ABIVIDRO. (2022). *Benefícios da Reciclagem do Vidro*. Acesso em 16 de fev de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO VIDRO: <https://abividro.org.br/beneficios-da-reciclagem-do-vidro/>.
- ABIVIDRO. (2023). *Benefícios da Reciclagem do Vidro*. Acesso em 16 de fev de 2023, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO VIDRO: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO VIDRO. Benefícios da Reciclagem do Vidro. São Paulo, [2023] <https://abividro.org.br/beneficios-da-reciclagem-do-vidro/>
- ABNT. (2004). NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Acesso em 10 de jan de 2023, disponível em <https://analiticaqm Cresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>
- ABNT. (2004). NBR 10007 - Amostragem de resíduos sólidos. *NBR 10007 - Amostragem de resíduos sólidos*, 2ª, 21. Brasil: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. doi:ICS 13.030.10
- ABNT. (27 de Nov de 2024). NBR 10004 Resíduos Sólidos - Classificação. *Parte 1 e Parte 2, 1*. BRASIL. Acesso em 01 de Mar de 2025, disponível em <https://www.abntcolecacao.com.br/pdfview/viewer.aspx?locale=pt-BR&Q=RUNxaTJTczZHcGJMU3dIN2dsUW1MVFVGd3dYLzIqUTNSZm93ZUVVdmtWcz0=&Req=>
- ABNT NBR 10157. (30 de Dez de 1987). Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 10157:1987 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - Procedimento*. Acesso em 02 de Set de 2023, disponível em <https://www.abntcolecacao.com.br/normavw.aspx?Q=NWFYSXNFWjJYVHNtTUV6RGM3bnh0ejJ0aTI4ZkRIMyt3SW9BZEloVWFUMD0=>
- ABNT NBR 15702. (05 de Mai de 2009). *Areia descartada de fundição — Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário*. Acesso em 17 de Set de 2023,

- disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT:
<https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?Q=NWFYSXNFWjJYVHNtTU V6RGM3bnh0ejJ0aTI4ZkRIMyt3SW9BZEloVWFUMD0=>
- ABRELPE. (2020). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS*. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, São Paulo. Acesso em 18 de dez de 2022, disponível em <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>
- ABRELPE. (2021). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Bralsil*. Acesso em 18 de dez de 2022, disponível em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>
- ABRELPE. (2022). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS*. Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil, São Paulo. Acesso em 18 de dez de 2022, disponível em <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>
- ADEGAS, R. G. (2007). Perfil Ambiental dos Processos de Fundação Ferrosa que Utilizam Areias no Estado do Rio grnde do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Acesso em 23 de Abr de 2024, disponível em <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11199/000608285.pdf>
- AIRPRODUCTS. (2023). *Moldagem por Injeção de Metal (MIM)*. Acesso em 24 de fev de 2023, disponível em Airproducts: <https://www.airproducts.com.br/applications/metal-injection-molding#/>
- ALESC. (03 de ago de 2010). Lei Nº 15.251. *Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina -Diário Oficial do Estado*. Florianópolis, SC, Brasil. Acesso em 23 de mai de 2023, disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=163476>
- ALESC. (17 de jan de 2011). Lei Nº 15.442. *Governo do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis, SC, Brasil. Acesso em 07 de abr de 2023, disponível em http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2011/15442_2011_Lei.html
- ALESC. (15 de Jan de 2018). *LEI Nº 17.479*. Acesso em 17 de Mai de 2023, disponível em Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17479_2018_lei.html
- ALIGLERI, L., ALIGLERI, L. A., & KRUGLIANSKAS, I. (2016). *Gestão Industrial e Produção Sustentável* (1ª ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: Saraiva. Acesso

em 04 de Abr de 2024, disponível em https://www.google.com.br/books/edition/GEST%C3%83O_INDUSTRIAL_E_PRODU%C3%87%C3%83O_SUSTENT/VEJnDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=sustentabilidade+em+processos+industriais&printsec=frontcover

- ALMEIDA, P. S., TAVARES, C. G., KAMINATA, O. T., & FRANCO, J. d. (5-9 de nov de 2011). Estudo sobre Solidificação/Estabilização de Lodo de Lavanderias. // *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Acesso em 22 de jul de 2023, disponível em <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-006.pdf>
- ALPLA. (2024). *Ferramenta de comparação de CO2*. Fonte: ALPLA: <https://www.alpla.com/pt/sustentabilidade/calculadora-de-co2?co2=270286.00>
- ALURA. (2023). *Uma Breve Introdução do que é o Big Data*. Acesso em 09 de jul de 2023, disponível em AOVS SISTEMAS DE INFORMÁTICA S.A: https://www.alura.com.br/artigos/big-data?gclid=Cj0KCQjwtmlBhD3ARIsAARoaEyyM8iEJ2vrz2AOLGAr_83NFritcEKb_Syp3jdpnepaSU9X45WEKIAaArQJEALw_wcB
- ALVES, L. C., & SEO, E. S. (out - dez de 2014). Caracterização do resíduo sólido Proveniente do Processo Galvânico para Valoração Econômica Ambiental. *Eng Sanit Ambient*, 19(4), pp. 423-434. doi:DOI: 10.1590/S1413-41522014019000000637
- AMARO, V. (22 a 24 de nov de 2018). Gestão de Estoque: Um Estudo em uma Micro Empresa do Ramo Têxtil Localizada no Interior de São Paulo. *Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*, 40 a 52. Acesso em 30 de jul de 2023, disponível em <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10446/2/GestaoEstoqueEstudo.pdf>
- ANA. (18 de nov de 2022). *Planalto do Governo Federal*. Acesso em 27 de mar de 2023, disponível em Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica>
- ANDRADE, L. B., CARNIN, R. L., & PINTO, R. C. (2018). Areia Descartada de Fundição Para Uso em Concreto de Cimento Portland: Análise do Agregado. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0494>, 23(3). doi:<https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0494>

- ANDRADE, M. C., SAMPAIO, J. A., LUZ, A. A., & BUOSO, A. (2005). Rochas e Minerais para Cerâmica de Revestimento. (CETEM, Ed.) *Rochas e Minerais Industriais – CETEM*, pp. 559-581. Acesso em 18 de Mar de 2024, disponível em <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1084/1/27.%20RMIsCER.REVESTIMENTO%20ok.pdf>
- APFAC. (2008). *Seminário de Argamassas Fabris*. Acesso em 19 de fev de 2023, disponível em Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e Etics: https://www.apfac.pt/eventos/seminario_argamassas_fabris_2008/ABPC%20Tektonica08.pdf
- ATLAS ESGOTOS. (2017). *Agência Nacional de Águas - ANA*. Acesso em 27 de mar de 2023, disponível em Atlas Esgotos: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>
- BALDAM, R. d., & VIEIRA, E. A. (2014). *Fundição: Processo e Tecnologias Correlatas*. 2. São Paulo, SP, Brasil: Érica. Acesso em 20 de Ago de 2023, disponível em https://www.google.com.br/books/edition/Fundi%C3%A7%C3%A3o_Processo_e_Tecnologias_Corre/p4uwDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=processo+de+fundi%C3%A7%C3%A3o+utilizados+no+estado+de+santa+catarina&printsec=frontcover
- BANSAL, N. P., & BOCCACCINI, A. R. (2012). *Ceramics and Composites Processing Methods*. (T. A. Society., Ed.) Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc, Publication. doi:ISBN 978-0-470-55344-2
- Ben. (31 de Out de 2022). *Receitas de fundição em areia: um guia abrangente*. Acesso em 21 de Ago de 2023, disponível em DCNZ: <https://delftclay.co.nz/casting-sand/>
- BRAGANÇA, S. R., VICENZI, J., GUERINO, K., & BERGMANN, C. P. (Fev de 2006). Recycling of iron foundry sand and glass waste as raw material for production of whiteware. *Waste Management & Research*, 24, pp. 60-66. doi:DOI: 10.1177/0734242X06061155
- BRASIL,. (29 de Jun de 2020). *PORTARIA Nº 280, DE 29 DE JUNHO DE 2020*. Acesso em 01 de Mar de 2025, disponível em Diário Oficial da União - DOU: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199>
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. (21 de Jan de 2025). *Serviços e Informações do Brasil*. Acesso em 01 de Ma4 de 2025, disponível em Obter o Documento

Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR (MTR): <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-o-documento-manifesto-de-transporte-de-residuos-mtr#:~:text=Para%20os%20Estados%20em%20que,somente%20dentro%20do%20respectivo%20Estado.>

BRASKEM. (2023). *Fibras Têxteis Polipropileno, suas Características e Vantagens Frente a seus Concorrentes*. Acesso em 04 de fev de 2023, disponível em BRASKEM TECHNICAL SERVICE: <https://www.braskem.com.br/technical-service/tsd-detalle-noticia/fibras-texteis-polipropileno-suas-caracteristicas-e-vantagens-frente-a-seus-concorrentes>

CABRAL, U. (27 de Out de 2023). Censo 2022. *De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões*. (I. -A. Notícias, Ed.) Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Acesso em 07 de Abr de 2024, disponível em <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>

CAÇADOR NET. (30 de jul de 2023). *Dados Gerais de Caçador*. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em Caçador On-line: <https://www.cacador.net/dados-gerais-de-cacador>

CALLISTER Jr , W. D., & RETHWISCH, D. G. (2009). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (8ª edição ed.). United States of America: WILEY - John Wiley & Sons, Inc.

CALLISTER JR, W. D. (1999). *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução* (5ª ed.). Barueri, SP, Brasil: LTC.

CÂMARA MUNICIPAL DE CRICIÚMA. (2023). *História de Criciúma*. Acesso em 31 de mai de 2023, disponível em Câmara Municipal de Criciúma - Poder Legislativo do Município de Criciúma: <https://www.camaracriciuma.sc.gov.br/historia-de-criciuma-autoria-archimedes-naspolini-filho>

CASALI, J. M., MIGUEL, T. F., FELIZARDO, C. C., MEIRA, N. d., DOMINGUINI, L., & BETIOLI, A. M. (17 de Abr de 2018). Caracterização e Influência do Teor do Resíduo de Areia de Fundição efnólica em Argamassas de Revestimento. *Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC*, 18(1), pp. 261 - 279. doi:<https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100220>

CHEGATTI, S. (Ago de 2004). Aplicação de Resíduos de Fundição em Massa Asfáltica CERÂMICA VERMELHA E FRITAS CERÂMICAS. *Dissertação*

- submetida à Universidade Federal de Santa Catarina obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental*. Florianópolis, SC, Brasil: UFSC. Acesso em 24 de Ago de 2023, disponível em <https://tede.ufsc.br/teses/PGEA0207.pdf>
- CNEM. (abr de 2014). *Norma CNEN NN 8.01, Resolução CNEN 167/14*. (M. d. Inovação, Produtor) Acesso em 10 de jul de 2023, disponível em COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm801.pdf>
- COALIZÃO EMBALAGENS. (2019). *Logística Reversa*. Acesso em 27 de fev de 2023, disponível em Coalizão Embalagens, Juntos pela Logística Reversa: <https://www.coalizaoembalagens.com.br/logistica-reversa/>
- COMAR. (2021). *Caracterização Gravimétrica de Resíduos Sólidos*. COMAR. Consórcio Público Intermunicipal Multifinalitário do Alto do Rio Pardo. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em <https://comar.mg.gov.br/laravel-filemanager/files/comar/CARTILHA%20%20ESTUDO%20GRAVIMETRICO%20COMAR.pdf>
- COMPENSA. (10 de Jun de 2023). *Guia definitivo: 6 passos para calcular a pegada de carbono da logística terrestre*. Acesso em 18 de Abr de 2024, disponível em Compensa: <https://compensa.eco/blog/logistica/como-calcular-a-pegada-de-carbono-da-sua-logistica-terrestre/>
- CONAMA. (5 de ago de 1993). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução Nº 005*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 10 de jul de 2023, disponível em IBAMA: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0005-050893.PDF>
- CONAMA. (26 de ago de 1999). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução Nº 264*. Brasília, DF, Brasil. Fonte: www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0264-260899.PDF
- CONAMA. (25 de abr de 2001). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 275*. Acesso em 10 de jul de 2023, disponível em IBAMA: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=105856>
- CONAMA. (29 de out de 2002). Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Nº 313*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 10 de jan de 2023, disponível em http://associacaodeinspetores.com.br/arquivos/arquivo_informativo/c2c76186249e40f1f5da5c8b09582702.pdf

- CONAMA. (5 de jul de 2002). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 307*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 17 de jan de 2023, disponível em https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf.
- CONAMA. (29 de abr de 2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução Nº 358*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 18 de jan de 2023, disponível em Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM: <http://www.siam.mg.gov.br/sia/download.pdf?idNorma=5046>
- CONAMA. (29 de ago de 2006). Resolução Nº 375. *Ministério do Meio Ambiente*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em https://incaper.es.gov.br/Media/incaper/PDF/legislacao_biosolido/res_conama_37506-1.pdf
- CONAMA. (13 de mai de 2011). *LEGISWEB*. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>
- CONAMA. (2012). Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Livro CONAMA*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 10 de jan de 2023, disponível em Ministério do Meio Ambiente: <http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>
- CONAMA. (19 de ago de 2020). Resolução Nº 498. *Dário Oficial da União*, 61, 265. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-498-de-19-de-agosto-de-2020-273467970>
- CONAMA. (2023). Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Resoluções CONAMA*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 10 de jan de 2023, disponível em Resoluções CONAMA: <https://conama.mma.gov.br/>
- CORDEIRO, A. M. (2021). Tratamento de Resíduos Refratários Usados no Forno Waelz. *Tratamento de Resíduos Refratários Usados no Forno Waelz*. São Paulo, SP, Brasil. Acesso em 4 de mar de 2023, disponível em <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b541dfa1-c641-4bf7-a042-7b0d3f17cb48/AntonioMMCordeiro%20TF21.pdf>
- CTB. (2022). *Matéria Prima*. Acesso em 04 de fev de 2023, disponível em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/pigmentos-corantes/>

CZAJCZYŃSKA, D., ANGUILANO, L., GHAZAL, H., KRZYŻYŃSKA, R., REYNOLDS, A., SPENCER, N., & JOUHARA, H. (2017). Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. *Thermal Science and Engineering Progress*, 3, 171-197. Elsevier. Acesso em 7 de mar de 2023, disponível em <https://pdf.sciencedirectassets.com/314096/1-s2.0-S2451904917X00048/1-s2.0-S2451904917300690/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFMaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDaDfnNfY4cUoaC8eCn%2BtXLC1WCxE32MHe3IP5133FsQglgQhFro5JgoRIUcnA%2FgyUzZeGdnPblKvngHumMHozk>

Decreto N° 99.274. (06 de Jun de 1990). *Presidência da República Casa Civil*. Acesso em 25 de Mai de 2024, disponível em Governo Federal: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm

DECRETO N° 10.388. (05 de jun de 2020). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. (C. C. Presidência da República, Ed.) Brasília, DF, Brasil. Acesso em 27 de fev de 2023, disponível em Diário Oficial da União: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10388.htm

DECRETO N° 10.936. (2022 de janeiro de 2022). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 18 de dez de 2022, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm#art91.

DECRETO N° 10.936. (12 de jan de 2022). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Acesso em 19 de jul de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>

DECRETO N° 11.043. (13 de abr de 2022). Presidência da Republica. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 27 de jul de 2023, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11043.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.043%2C%20DE%2013,que%20lhe%20confere%20o%20art.

DECRETO N° 4.074. (4 de jun de 2002). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 19 de jul de 2023, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm

- Decreto nº 5.882. (31 de Ago de 2006). *Presidência da República - Casa Civil*. (P. d. República, Ed.) Acesso em 15 de Jul de 2024, disponível em Planalto Governo Federal: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/D5882.htm#:~:text=DECRETO%20N%205.882%2C%20DE%2031,que%20lhe%20confere%20o%20art.
- Decreto Nº 7.404. (23 de dez de 2010). Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa. *PRESIDEÊNCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL*.
- DECRETO Nº 7.404. (23 de dezembro de 2010). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 18 de dez de 2022, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm
- DECRETO Nº 9.373. (11 de mai de 2018). *Diário Oficial da União*. Acesso em 25 de mai de 2023, disponível em Planalto do Governo Federal: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9373.htm#art18
- DECRETO Nº 99.658. (30 de out de 1990). *Diário Oficial da União*. Acesso em 25 de mai de 2023, disponível em Planalto do Governo Federal - Presidência da República: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99658.htm
- DUTELL, D. G. (25 de ago de 2020). Estudo da Concepção e Instalação de uma Central de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbano em um Município de Pequeno Porte. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Frederico Westphalen, RS, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Acesso em 9 de mar de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/20193>
- DYER, P. P., KLINSKY, L. G., SILVA, S. A., & LIMA, M. G. (2021). Mechanical and structural assessment of hot mix bituminous mixtures containing. *International Journal of Pavement Engineering*, 22, pp. 1801–1812. doi:<https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1724290>
- DYER, P. P., SILVA, S. A., KLINSKY, L. G., COPPIO, G. L., CIVIDANES, L. S., & LIMA, M. G. (Set de 2022). Artefatos com Areia Descartada de Fundação e sua Viabilidade. *Mix Sustentável*, 8(4), pp. p.97-106. doi:<http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073>.
- ECOPETRO. (12 de jul de 2022). *Como se dá o Processo de Blendagem de Resíduos Para Uso no Coprocessamento?* Acesso em 24 de jul de 2023, disponível em

- Ecopetro Soluções Ambientais: <https://ecopetro.eco.br/como-se-da-o-processo-de-blendagem-de-residuos-para-uso-no-coprocessamento/>
- ECYCLE. (2023). *Cidades Sustentáveis*. Acesso em 14 de jul de 2023, disponível em ECYCLE: <https://www.ecycle.com.br/categoria/cidades-sustentaveis/>
- ELEUTÉRIO, J. L., HAMADA, J., & PADIM, A. F. (13 - 16 de out de 2008). Gerenciamento Eficaz no Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde - Estudo de Duas Tecnologias Térmicas. (ENESEP, Ed.) *XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Acesso em 19 de mar de 2023, disponível em https://abepro.org.br/biblioteca/enesep2008_tn_stp_069_490_11445.pdf
- ENCONTRA CRICIÚMA. (2023). *Sobre Criciúma*. Acesso em 31 de mai de 2023, disponível em <https://www.encontracriciuma.com.br/criciuma/>
- ESG NOW. (2023). *Gestão de Carbono: Desvendando o Caminho para Empresas Ecoconscientes*. Instituto Caldeira. (I. C.-T. José, Ed.) Porto Alegre, RS, Brasil. Acesso em 09 de Abr de 2024, disponível em <https://conteudo.esgnow.co/obrigado-kit-gestao-de-carbono>
- ESTRELLA, S. P. (1996). *Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais em Santa Catarina - Perspectivas de Uso na Construção Civil*. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Acesso em 01 de Fev de 2022
- FAGUNDES, A. B., & SILVA, M. C. (2011). *Ciência, Tecnologia e Ambiente: Normas e Regulamentações para Areias Descaradas de Fundação (ADF)*. Acesso em 14 de fev de 2023, disponível em ESOCITE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E DAS TECNOLOGIAS: <https://www.esocite.org.br/eventos/tecsoc2011/cdanais/arquivos/pdfs/artigos/gt0>
- FGV. (2023). *CICLO 2024 Programa Brasileiro GHG Protocol. 2023*. (F. -F. Vargas, Ed.) Acesso em 11 de Abr de 2024, disponível em https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u1087/ghg_info_2024_v1.pdf
- FIESC. (2021). *Valor 1000 Empresas de Santa Catarina - SC*. Acesso em 02 de mar de 2022, disponível em FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA: https://observatorio.fiesc.com.br/sites/default/files/2021-10/Valor%201000%20Empresas%20de%20SC_0.pdf

- FIESC. (2022). *Relatório Anual*. Acesso em 28 de fev de 2022, disponível em FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE SANTA CATARINA: <https://fiesc.com.br/relatorio>.
- FIESP. (2008). FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L*. São Paulo, SP, Brasil. Acesso em 28 de fev de 2023, disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/tintas.pdf>
- FILHO, S. S., MARGUTI, A. L., & PIVELI, R. P. (ja/mar de 2009). Produção de Lodo e Comportamento Químico de Sais de Ferro Empregados no Pós-Tratamento de Esgoto Sanitário por Precipitação Química. *Eng Sanit Ambient*, 14(1), pp. 49-58. Acesso em 08 de mar de 2023, disponível em <https://www.scielo.br/j/esa/a/nSZmNSSnC9D9TywFTDbZJDc/?format=pdf>
- GALVANISA. (23 de out de 2013). *Galvanização por Imersão a Quente*. Acesso em 24 de fev de 2023, disponível em GALVANISA: <http://www.galvanisa.com.br/noticia/37/galvanizacao-por-imersao-a-quente>
- GCCA. (2019). *Sustainability Guidelines for co-processing fuels and raw materials in cement manufacturing*. Acesso em 18 de fev de 2023, disponível em GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION: https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2019/10/GCCA_Guidelines_FuelsRawMaterials_v0
- GREENPEACE. (2024). *Vivemos uma emergência climática!* Acesso em 24 de Abr de 2024, disponível em Greenpeace: https://www.greenpeace.org/brasil/informe-se/justica-climatica/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwuJ2xBhA3EiwAMVjkVKCdaU-rk9bic-KxTIY_Ud8kRzAR3Q21oimVNm9u3Yn2F1WRuMph2hoC7CIQAvD_BwE
- GURGEL, A. M., MEDEIROS, A. L., ALVES, P. C., SILVA, J. M., GURGELL, I. G., & AUGUSTO, L. S. (31 de ago de 2009). Framework dos Cenários de Risco no Contexto da Implantação. *Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz*, pp. 2027-2038.
- HERASUL. (2022). *O Que é a Blendagem de Resíduos Para Coprocessamento e Porque Ela é Importante*. Acesso em 22 de mar de 2023, disponível em Hera Sul: <https://herasul.com.br/2021/10/13/o-que-e-a-blendagem-de-residuos-para-coprocessamento-e-porque-ela-e-importante/>

- IBÁ. (2023). *Reciclagem Hoje e Sempre*. Acesso em 27 de jan de 2023, disponível em INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES: <https://iba.org/reciclagem>
- IBAMA. (18 de dez de 2012). Instrução Normativa Nº13. (I. B. AMBIENTE, Ed.) *Lista Brasileira de Resíduos Sólidos - IBAMA*. Acesso em 22 de jan de 2023, disponível em INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE: <https://www.sindhoesg.org.br/site2020/wp-content/uploads/2021/02/Co%CC%81digo-IBAMA.pdf>
- IBER. (31 de mar de 2022). *Instituto Brasileira de Energia Reciclável*. Acesso em 01 de mar de 2023, disponível em Relatório Anual Logística Reversa de Baterias Chumbo-ácido: https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/Relatorio_de_Desempenho_Baterias_IBER_2021.pdf
- IBGE. (2022). *Cidades e Estados*. Acesso em 24 de dez de 2022, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs.html>
- IBGE. (2023). *Cidades*. Acesso em 30 de jul de 2023, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://cidades.ibge.gov.br>
- IBRAM. (2013). *Indústria Reaproveita 85% dos Resíduos das Usinas*. Acesso em 08 de fev de 2023, disponível em IBRAM, MINERAÇÃO DO BRASIL: <https://ibram.org.br/noticia/industria-reaproveita-85-dos-residuos-das-usinas/>
- IMA. (2020). *Resíduos Sólidos - Boletim Mensal de Santa Catarina*. Acesso em 25 de fev de 2022, disponível em Instituto do Meio Ambiente: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/qualidade-ambiental/residuos-solidos/boletim-mensal>
- IMA. (17 de JUN de 2024). *Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina*. Acesso em 17 de JUN de 2024, disponível em Sobre o IMA: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/o-instituto/o-que-e>
- inPEV. (2023). *Logística Reversa - Tipos de Embalagens*. Acesso em 26 de fev de 2023, disponível em Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias (InpEV), Entidade Gestora do Sistema Campo Limpo e Sistema Brasileiro de Logística Reversa de Embalagens Vazias de Defensivos Agrícolas - inPEV: <https://inpev.org.br/logistica-reversa/tipos-embalagens/>

- INSTITUTO AÇO BRASIL. (2022). *Sustentabilidade*. Acesso em 09 de fev de 2023, disponível em INSTITUTO AÇO BRASIL: https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2021/09/Folder_AcoBrasil_SUSTENTABILIDADE_2022.pdf
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos. (2023). Acesso em 11 de jul de 2023, disponível em Portal do Governo Federal: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/cadastros/ctf>
- IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. (2023). *Relatório Síntese do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC*. World Meteorological Organization (WMO), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - Governo Federal do Brasil. UNEP. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- IPEA. (2012). *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas*. Acesso em 12 de fev de 2023, disponível em INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf.
- IQSC. (13 de set de 2017). *Conheça o trabalho da Comissão IQSC Recicla*. Acesso em 25 de mar de 2023, disponível em Universidade de São Paulo - Portal USP São Carlos: <http://www.saocarlos.usp.br/conheca-o-trabalho-da-comissao-iqsc-recicla/>
- JOHN, V. M., PUNHAGUI, K. G., & CINCOTTO, M. A. (2014). *Economia de Baixo Carbono: Avaliação de Impactos de Restrições e Perspectivas Tecnológicas*. Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto - SP: EBC - Núcleo de Estudos de Economia de Baixo Carbono.
- JOVELINO, J. R., BRITO, A. F., MUNIZ, A. d., & SILVA, P. P. (14 de ago de 2020). Estabilização/Solidificação: Caracterização, Classificação e Aplicação no Tratamento e Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Laboratórios Químicos. *Holos Environment*, 20(4). doi:<https://doi.org/10.14295/holos.v20i4.12410>
- KIMINAMI, C. S., CASTRO, W. B., & OLIVEIRA, M. F. (2013). *Introdução aos Processos de Fabricação de Produtos Metálicos* (1ª ed.). Brasil: Editora Edgard Blücher Ltda. doi:ISBN 978-85-212-0683-5 (e-book)
- KLINSKY, L. G., & PESSA, G. T. (2010). Reaproveitamento da areia de fundição como material de base e sub-base de pavimentos flexíveis. (A. N. (ANPET), Ed.) *Transportes*, 17(2). doi:ISSN: 1415-7713; EISSN: 2237-1346

LEI COMPLEMENTAR Nº 12.305. (02 de Agosto de 2010). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 18 de 12 de 2022, disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%2C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,1998%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em:

Lei Estadual 17.479. (15 de Jan de 2018). *Assembléa Legislativa de Santa Catarina*. Acesso em 01 de Jul de 2024, disponível em ALESC: [http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17479_2018_lei.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Areias%20Descartadas%20de%20Fund%C3%A7%C3%A3o%20\(ADF\).&text=Fa%C3%A7o%20saber%20a%20todos%20os,em%20outros%20setores%20ou%20produtos](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17479_2018_lei.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Areias%20Descartadas%20de%20Fund%C3%A7%C3%A3o%20(ADF).&text=Fa%C3%A7o%20saber%20a%20todos%20os,em%20outros%20setores%20ou%20produtos).

Lei Estadual Nº 15442. (17 de Jan de 2011). *Legislação Estadual de Santa Catarina*. Acesso em 17 de Jun de 2024, disponível em ALESC - Legisweb: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=163719>

LEI Nº 12.977. (20 de mai de 2014). LEI Nº 12.977, do Planalto do Governo Federal. Acesso em 28 de fev de 2023, disponível em Diário Oficial da União: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12977.htm

LEI Nº 15.251. (04 de Agosto de 2010). Lei Nº 15.251 do Governo do Estado de Santa Catarina. Florianópolis. Acesso em 08 de Julho de 2023, disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=163476>

Lei nº 6.938. (31 de Ago de 1981). *Lei nº 6.938 - SISNAMA*. Acesso em 24 de Mai de 2024, disponível em Planalto Governo Federal Casa Civil: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm

LEI Nº 7.802. (11 de jul de 1989). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Fonte: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm

LEI Nº 8.666. (21 de jun de 1993). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 23 de mar de 2023, disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm

LEI Nº 9.974. (6 de jun de 2000). Planalto do Governo Federal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 19 de jul de 2023, disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9974.htm

- LIMA, F. B. (2018). Mapeamento e Inventário dos Resíduos Operativos Provenientes de uma Concessionária Distribuidora de Energia Elétrica. *Estudo de Caso: Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC S.A.* Florianópolis, SC. Acesso em 13 de jul de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/195641/TCC%20II%20Fabiana%20Bruch%20de%20Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LIMA, J. D., & SANSON, J. R. (jul-dez de 2008). O Surto de Industrialização do Setor Têxtil a partir de 1880: Blumenau e Brasil. *HERA Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada*, 3(5), pp. 107-130. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/3/3f/ARTIGO_O_SURTO_DE_INDUSTRIALIZA%C3%87%C3%83O_DO_SETOR_T%C3%84XTIL_A_PARTIR_DE_1880.pdf
- LIPPERT, E. (28 de Jul de 2014). *Blog de Eric Lippert*. Acesso em 21 de Ago de 2023, disponível em <https://ericlippert.com/2014/07/28/casting-making-a-green-sand-mold/>
- LOPES , R. H. (21 de out de 2019). *Mapa de Santa Catarina: Lista de Cidades, Tipos de mapa e Curiosidades*. Acesso em 30 de mai de 2023, disponível em Gestão Educacional: <https://www.gestaoeducacional.com.br/mapa-de-santa-catarina-tipos-e-curiosidades/>,
- LOPES , R. H. (10 de out de 2019). *Mapa de Santa Catarina: Lista de Cidades, Tipos de mapa e Curiosidades*. Acesso em 5 de jun de 2023, disponível em Gestão Educacional: <https://www.gestaoeducacional.com.br/mapa-de-santa-catarina-tipos-e-curiosidades/>
- LUVITEC. (2023). *Descarte de Produtos Vencidos*. Acesso em 4 de mar de 2023, disponível em Luvitec, Soluções Ambientais: <https://www.luvitec.com.br/descarte-produtos-vencidos>
- MACEDO, C. F. (2023). *Evolução Socioeconômica do Município de Rio do Sul*. Acesso em 04 de jun de 2023, disponível em Observatório Geografico América Latina: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/101.pdf>
- MAIA, B. G. (Set de 2017). Valorização de Areias de Fundição e Conchas de Ostras na Produção de Vidros Sódicos - Cálculos. *Tese de Doutorado*, 107. Florianópolis, SC, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Acesso em 18 de Ago de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/185519/PCEM0451-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

MAPA DE CONFLITOS. (15 de Dez de 2009). *SC – Utilização de areia contaminada na construção de peças de concreto e asfalto empregados em vias públicas colocam sociedade civil em conflito com o governo de Santa Catarina, a Fiesc e a Fundação Tupy SA*. Acesso em 17 de Set de 2023, disponível em Mapa de Conflitos Injustiça Ambiental e Saúde do Brasil: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/sc-utilizacao-de-areia-contaminada-na-construcao-de-pecas-de-concreto-e-asfalto-empregados-em-vias-publicas-colocam-sociedade-civil-em-conflito-com-o-governo-de-santa-catarina-a-fiesc-e-a-fundicao/#sintese>

MARTINS, C. (25 de nov de 2019). *Tratamento de Resíduos da Saúde: Incineração ou Autoclavagem?* Acesso em 23 de mar de 2023, disponível em Trilho Ambiental: <https://www.trilhoambiental.org/post/tratamento-de-residuos-da-saude-incineracao-ou-autoclavagem>

MARTINS, F. G. (Mai de 2003). Dissertação Submetida á Universidade Federal de Santa Catarina para Obtenção do Grau de Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais. *Estudo da Viabilidade Técnica do Processo Molde Cheio Para Fundições em Areia*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Acesso em 22 de Ago de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84604/197132.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MASON, T. O. (20 de Abr de 2010). *Louça Branca*. Acesso em 18 de Mar de 2024, disponível em Enciclopédia Britânica: <https://www.britannica.com/art/whiteware>

MEC. (2005 de jan de 2005). *O Que Fazer com os Livros Antigos do PNLD*. Acesso em 25 de mar de 2023, disponível em Ministério da Educação - MEC: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/211-noticias/218175739/1649-sp-648788579>

MENEZES, R. O., CASTRO, S. R., SILVA, J. G., TEIXEIRA, G. P., & SILVA, M. M. (mar-abr de 2019). Análise Estatística da Caracterização Gravimétrica de Resíduos Sólidos Domiciliares: Estudo de Caso do Município de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Eng Sanit Ambient*, 24(2), pp. 271-282. doi:10.1590/S1413-41522019177437

- MILANEZ, K. W., KNISS, C. T., BERNARDIN, A. M., RIELLA, H. G., & KUHNEN, N. C. (2005). Caracterização de Pigmentos Inorgânicos à Base de Fe, Zn e Cr. *Cerâmica*, 51, pp. 107-110. Acesso em 03 de fev de 2023, disponível em <https://www.scielo.br/j/ce/a/ryvKSXFjsbpDFj5KZDV7r/?format=pdf>
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (08 de jul de 2020). Instrução Normativa Nº 61. *Secretária da Defesa Agropecuária*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>
- MOURA. (22 de Set de 2022). *Quais são os tipos de combustível para caminhão?* (A. M. S.A., Editor) Acesso em 23 de Abr de 2024, disponível em Baterias Moura: <https://www.moura.com.br/blog/tipos-de-combustivel-para-caminhao>
- MULTIGALVA. (2023). *Galvanização por Imersão a Quente*. Acesso em 23 de fev de 2023, disponível em MULTIGALVA : <https://www.multigalva.com.br/galvanizacao-quente-imersao>
- NACIOPETRO. (2021). Qual é a diferença entre diesel s10 e diesel s500? *Qual é a diferença entre diesel s10 e diesel s500?* Brasil. Acesso em 17 de Abr de 2024, disponível em <http://www.naciopetro.com.br/blog/diesel-s10-e-diesel-s500/>
- NANDI, V. S. (2013). Produção de Frita para Engove a Partir de Resíduos Sólidos Gerados em Estação de Tratamento de Efluentes de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos. *Produção de Frita para Engove a Partir de Resíduos Sólidos Gerados em Estação de Tratamento de Efluentes de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: UFSC. Acesso em 15 de Mar de 2024, disponível em <https://tede.ufsc.br/teses/PCEM0330-D.pdf>
- NDMAIS. (12 de jan de 2021). *Joinville é a Terceira Cidade Mais Rica do Sul do País*. Acesso em 01 de jun de 2023, disponível em NDMAIS: <https://ndmais.com.br/economia/joinville-e-a-terceira-cidade-mais-rica-do-sul-do-pais/>
- NEGÓCIOS - SC. (2023). *Veja os Destaques de Tubarão-SC nos 153 Anos da Cidade*. Acesso em 30 de mai de 2023, disponível em Negócios SC: <https://www.negociossc.com.br/noticia/veja-os-destaques-de-tubarao-sc-nos-153-anos-da-cidade/>

- NOVA AMBIENTAL. (2023). *Nova Ambiental*. Acesso em 24 de jul de 2023, disponível em Blendagem Líquida: Destinação Final dos Resíduos Líquidos Industriais: <https://www.novaambiental.com.br/blendagem-liquida-destinacao-final-dos-residuos-liquidos-industriais/>
- NSCTOTAL. (27 de set de 2021). *Rio do Sul se Firma como Capital de Oportunidades*. Acesso em 04 de jun de 2023, disponível em NSCTOTAL: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/rio-do-sul-se-firma-como-capital-de-oportunidades>
- NUNES, A. M., & WALDER, A. A. (12 de nov de 2021). *Uso de Resíduos como Fertilizantes Contribuem com a Sustentabilidade*. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66138327/artigo-uso-de-residuos-como-fertilizantes-contribuem-com-a-sustentabilidade>
- OCP. (16 de set de 2021). *O impacto da fundação da WEG em Jaraguá do Sul*. Acesso em 01 de jun de 2023, disponível em OCP News: <https://ocp.news/especiais/o-impacto-da-fundacao-da-weg-em-jaragua-do-sul#:~:text=A%20WEG%20representa%20um%20cap%C3%ADtulo,termos%20evolutivos%2C%20impulsionando%20a%20regi%C3%A3o.>
- OLIVEIRA, A. N., & HOTZA, D. (2011). *Tecnologia de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos* (2ª ed.). Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- OLIVEIRA, F. C., CHIARANDIA, J. J., & JUNIOR, C. H. (05 de ago de 2021). *Lodo de Esgoto: de Resíduo a Fertilizante Orgânico*. Acesso em 29 de mar de 2023, disponível em TERA AMBIENTAL: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/lodo-de-esgoto-residuo-a-fertilizante-organico>
- OLIVEIRA, J. M., & CUNHA, C. M. (2007). *Minimização de Efluentes e Resíduos na Indústria Galvânica*. SENAI, Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNLT. Acesso em 24 de fev de 2023, disponível em https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/minimizacao_de_efluentes_e_residuos_na_industria_galvanica.pdf
- OLIVEIRA, M. S., & SILVA, D. B. (4 a 6 de out de 2016). Aplicação da Curva ABC para Definição dos Itens de Maior Relevância na Composição da Receita de Vendas em uma Empresa do Segmento de Reciclagem de Materiais em Campo

- Grande/MS. 8º ECAECO. Acesso em 30 de jul de 2023, disponível em [file:///C:/Users/crist/Downloads/otaviozamberlan,+3185-4842-1-SP%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/crist/Downloads/otaviozamberlan,+3185-4842-1-SP%20(1).pdf)
- OLIVEIRA, V. H., DAMINELI, B. L., AGOPYAN, V., & JOHN, V. M. (out-dez de 2014). Estratégias para a minimização da emissão de CO₂ de Concretos. *Ambiente Construído*, 14(4), pp. 167-181. Acesso em 16 de jul de 2023, disponível em <https://www.scielo.br/j/ac/a/VFQfpB9t5vG7k4gnSKnJq7w/?format=pdf&lang=pt>
- ONU. (09 de jul de 2023). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Fonte: Organização das Nações Unidas Brasil: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- PABLOS, J. M., SICHIERI, E. P., & IZELI, R. L. (2009). Reutilização de resíduo sólido industrial, constituído por areias de fundição, na fabricação de tijolos maciços e peças decorativas. (P. d.-G. Urbanismo, Ed.) *RISCO Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo*, 10, pp. 112-150. Acesso em 31 de Out de 2023, disponível em <https://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44784/48415>
- PACHECO, E. V., HEMAIS, C. A., FONTOURA, G. A., & RODRIGUES, F. A. (2003). Tratamento de Resíduos Gerados em Laboratórios de Polímeros. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 13(1), pp. 14-21. Acesso em 26 de fev de 2023, disponível em <https://www.revistapolimeros.org.br/article/10.1590/S0104-14282003000100006/pdf/polimeros-13-1-14.pdf>
- PANTANO, G., GROSSELLI, G. M., MOZETO, A. A., & FADINI, P. S. (24 de fev de 2016). Sustentabilidade no Uso do Fósforo: Uma Questão de Segurança Hídrica e Alimentar. *Química Nova*, 39, pp. 732-740. doi:<https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>
- PEREIRA, C. (28 de nov de 2018). *Para Que Serve a Curva ABC?* Acesso em 18 de jun de 2023, disponível em Escola Engenharia: <https://www.escolaengenharia.com.br/curva-abc/>
- PEREIRA, L. S., & FERREIRA, G. E. (2008). A Indústria da Cal no Brasil. (C. d. CETEM, Ed.) *XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM*, 178-184. Acesso em 19 de fev de 2023, disponível em XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/500/1/27-Luana%20dos%20Santos%20Pereira.pdf>
- PEREIRA, S. S., CURI, R. C., & CURI, W. F. (mai-jun de 2018). Uso de Indicadores na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos: parte II - Uma Proposta de

- Metodológica de Construção e Análise para Município e Regiões. *Eng Sanit Ambient*, 23(3), pp. 471-483. doi:DOI: 10.1590/S1413-41522018162872
- PERINI. (2025). *Perini Business Park*. Acesso em 02 de Mar de 2025, disponível em Perini Business Park: <https://www.perinibusinesspark.com.br/>
- PINTO, B. F. (Dez de 2013). O Uso de Areia Decartada de Fundação (ADF) na Produção de Concreto. Itajubá, Mlnas Gerais, Brasil: UNIFEI. Acesso em 02 de Set de 2023, disponível em https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/792/1/dissertacao_pinto_2013.pdf
- PIRES , A. M., & NUNES, W. A. (12 de nov de 2021). Uso de resíduos como fertilizantes contribuem com a sustentabilidade. *EMBRAPA Agropecuária Oeste*. Acesso em 19 de mar de 2023, disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66138327/artigo-uso-de-residuos-como-fertilizantes-contribuem-com-a-sustentabilidade>
- PIRES, A. M., & MATTIAZZO, M. E. (2008). Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. *Circular Técnica*, 19. Acesso em 19 de mar de 2023, disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15550/1/circular19.pdf>
- PMC. (2017). *Portal do Cidadão - Características*. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em Prefeitura Municipal de Concórdia: <https://concordia.atende.net/cidadao/pagina/caracteristicas>
- PORTAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. (2023). *Geografia de Santa Catarina*. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em SC.GOV.BR: <https://estado.sc.gov.br/conheca-sc/geografia/>
- PORTAL LAGEANO. (2023). *Economia*. Acesso em 4 de jun de 2023, disponível em Portal Lageano: <https://www.portallageano.com.br/lages/economia>
- PORTAL RBV. (2023). *Caçador, a Capital Industrial do Meio Oeste de SC Completa 87 Anos*. Acesso em 29 de mai de 2023, disponível em Rádio Caçanjurê: <https://portalrbv.com.br/cacanjure/cacador-a-capital-industrial-do-meio-oeste-de-sc-completa-87-anos/>
- PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 274. (30 de abr de 2019). Governo Federal, Imprensa Nacional. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 22 de jul de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-interministerial-n%C2%BA-274-de-30-de-abril-de-2019-86235505>

- PREFEITURA DE BLUMENAU. (28 de mai de 2023). *Dados Geográficos*. Fonte: Prefeitura de Blumenau: <https://www.blumenau.sc.gov.br/blumenau/as5d1a5sd4a4sd>
- PREFEITURA DE JOAÇABA. (2022). *História*. Acesso em 01 de jun de 2023, disponível em Prefeitura de Joaçaba: <https://joacaba.sc.gov.br/pagina-6828/>
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MAFRA. (29 de abr de 2022). *Mafra se Destaca no Cenário Econômico Agrícola Catarinense*. Acesso em 04 de jun de 2023, disponível em Notícias: <https://www.mafra.sc.gov.br/noticias/ver/2022/04/mafra-se-destaca-no-cenario-economico-agricola-catarinense>
- PROLATA. (2023). *PRO LATA Reciclagem*. Acesso em 28 de fev de 2023, disponível em Programa de Logística Reversa para Latas de Aço: <https://www.prolata.com.br/>
- RECICLALATAS. (2022). *A Importância da Reciclagem*. Acesso em 28 de fev de 2023, disponível em RECICLALATAS: <https://www.reciclatatas.com.br/>
- RECICLUS. (2021). *Relatórios de Atividades*. Acesso em 23 de mar de 2023, disponível em Reciclus Sustentabilidade: <https://reciclus.org.br/sustentabilidade/>
- RIBEIRO, F. S., BORGES, D. H., & BATISTA, J. L. (16 - 19 de out de 2018). Reutilização de Reciclados no Processo de Injeção. *XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Acesso em 24 de fev de 2023, disponível em https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_268_532_35533.pdf
- ROSSI, F. (30 de jul de 2023). *O que é uma Curva ABC, Passo a Passo!* Acesso em 30 de jul de 2023, disponível em Pedreirão Macetes de Construção: <https://pedreirao.com.br/o-que-e-uma-curva-abc-passo-a-passo/>
- RUFINO, E. S., & GALDINO, G. A. (Out-Dez de 2015). Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Argamassa com Utilização de Resíduos de Fundição. *Cerâmica*, 61, pp. 428-434. doi:<https://doi.org/10.1590/0366-69132015613601947>
- SABOUR, M. R., DERHAMJANI, G., AKBARI, M., & HATAMI, A. M. (13 de Mar de 2021). Tendências globais e status da pesquisa sobre gerenciamento de areia de fundição durante os anos 1971-2020: uma análise sistemática. *Ciência Ambiental e Pesquisa sobre Poluição/Environ Sci Pollut Res*, 28, pp.

- Páginas 37312–37321. doi: 28 , 37312–37321 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13251-8>
- SACH. (2012). *Projeto Chapecó 2030*. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em Sociedade Amigos de Chapecó: <http://sociedadeamigosdechapeco.com.br/economia>
- SANTOS, A. V., RODRIGUES, A., MARCHETTI, M. C., & CASARIN, V. A. (21 a 23 de set de 2016). Reaproveitamento de Areia de Fundição Descartada em Substituição da Areia Natural na Fabricação de Blocos Estruturais de Concreto. *PrSIMTECoceeding of ISTI*, 3(1), pp. 541-546. doi:10.7198/S2318-3403201600030063
- SEAC. (2012). *O que é lixo?* Acesso em 12 de jan de 2023, disponível em SINDICATO DAS EMPRESAS DE ASSEIO E CONSERVAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO: <https://www.seac-sp.com.br/sustentavel/index.php/curiosidades/o-que-e-lixo#:~:text=Lixo%20%C3%A9%20todo%20e%20qualquer,in%C3%BAteis%2C%20velhas%2C%20sem%20valor>
- SEBRAE. (2019). *Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina - Florianópolis*. Acesso em 31 de mai de 2023, disponível em Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina - SEBRAE: <https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Florianopolis%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>
- SEBRAE. (2019). *Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina - Florianópolis*. Acesso em 31 de mai de 2023, disponível em Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina - SEBRAE: <https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Florianopolis%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>
- SEBRAE. (2019). *Cadernos de Desenvolvimento Blumenau*. Acesso em 28 de mai de 2023, disponível em SEBRAE: <https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Blumenau%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>
- SEEG. (2024). *Relatórios Especiais - Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil*. Acesso em 13 de JAN de 2024, disponível em Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG:

https://seeg.eco.br/relatorios/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAkJO8BhCGARIsAMkswygr24AjRON4Oda92mtylIPkMaBJLceJOnsFI4fjYeLKnPxal9-gmUwaAnVOEALw_wcB

- SILVA, I. S., GARCIA, H. L., FREITAS, J. A., COSTA, S. S., MONTEIRO, A. S., SILVA, J. M., & GARCIA, C. A. (18 a 22 de mar de 2019). Caracterização Físico-Química de Lodo de Estações de Tratamento de Água - ETA em Aracajú. *XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*. Acesso em 8 de mar de 2023, disponível em <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/100/ENREHSE0001-1-20190225-192641.pdf>
- SILVA, J. B. (2016). Tratamento de Veículos em Fim de Vida: Modelos de Gestão Internacional e Nacios. *Dissertação de Pós Graduação*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: UFSC. Acesso em 01 de mar de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172181/342649.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SILVA, J. O. (2009). *Perfil da Cal*. CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17, Ministério de Minas e Energia - MME, PROJETO ESTAL- PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA , Brasília. Acesso em 05 de jun de 2023, disponível em http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/449811/P46_RT72_Perfil_do_Cal.pdf/683f97eb-faa3-0c8f-7473-1dbd9f818157?version=1.0
- SILVA, J. R., SANTOS, M. D., SILVA, J. K., QUEIROGA, S. L., & NETO, J. C. (08 - 11 de Ago de 2017). Comparação dos Combustíveis Diesel S10 e S500 para Resolução de Problemas nos Motores do Ciclo a Diesel. *Comparação dos Combustíveis Diesel S10 e S500 para Resolução de Problemas nos Motores do Ciclo a Diesel*. (C. T. CONTECC'2017, Ed.) Belém, Pará, Brasil. Acesso em 17 de Abr de 2024, disponível em https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/mecanica/9_cdcdsesprdpemdcd.pdf
- SILVA, K. P. (2008). Estudo do Reaproveitamento do Resíduo Gerado no Processo Hidrometalúrgico de Fabricação de Sulfato de Zinco Hexahidratado. *Tese de Pós Graduação em Engenharia Ambiental*. Ouro Preto, MG, Brasil. Acesso em 19 de fev de 2023, disponível em <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2229>

- SINDIGESSO. (2014). *Produção do Gesso*. Acesso em 19 de fev de 2023, disponível em Sindicato da Indústria do Gesso, Decorações, Estuques e Ornatos do Estado de Goiás: <http://www.sindicatodaindustria.com.br/publicacoes/2014/05/72,38326/a-producao-do-gesso.html>
- SINIC. (2021). *Dados do Setor*. Acesso em 18 de fev de 2023, disponível em SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO: <http://snic.org.br/numeros-do-setor.php>
- SINIC. (2021). *Relatório Anual*. Acesso em 18 de fev de 2023, disponível em SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO: <http://snic.org.br/numeros-relatorio-anual.php>
- SINIR. (2022). Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 22 de mar de 2023, disponível em <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/>
- SINIR. (2023). *Informações, Relatórios, Tipos de Resíduos*. Acesso em 29 de jan de 2023, disponível em SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE GESTÃO DO RESÍDUO SÓLIDO: <https://www.sinir.gov.br/informacoes/>
- SINIR. (2023). *Logística Reversa*. Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/agrotoxicos-seus-residuos-e-embalagens/>
- SINIR. (2023). *Logística Reversa - Agrotóxicos seus Resíduos e Embalagens*. Acesso em 28 de fev de 2023, disponível em SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: <https://www.sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/agrotoxicos-seus-residuos-e-embalagens/>.
- SINIR. (2023). *Logística Reversa - Embalagens Plásticas e Óleos Lubrificantes*. Acesso em 27 de fev de 2023, disponível em SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: <https://www.sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/embalagens-plasticas-oleos-lubrificantes/>.
- SINIR. (2023). Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR. *Manual de Ajuda ao Usuário - Versão 1.08*. Acesso em 23 de mar de 2023, disponível em

- <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/2-Manual-do-Usuario-MTR.pdf>,
- SINIR. (2023). *O Que é Recuperação Energética?* Acesso em 25 de mar de 2023, disponível em Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos: <https://sinir.gov.br/suplementares/o-que-e-recuperacao-energetica/>
- SINIR. (2023). *Painéis de Destinação de Resíduos*. Acesso em 27 de jul de 2023, disponível em Sistema Nacional de Informações de Gestão dos Resíduos Sólidos: <https://www.sinir.gov.br/paineis/destinacao/>
- SINIR. (2023). *Resíduos Agrossilvopastoris*. Acesso em 11 de jul de 2023, disponível em SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-agrossilvopastoris/>
- SINIR. (11 de jul de 2023). *SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS*. Fonte: Resíduos de Mineração: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-de-mineracao/>
- SIRENE. (30 de Jan de 2023). Sistema de Registro Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa. *Emissões de GEE por Setor*. Brasília, Distrito Federal, Brasil. Acesso em 09 de Abr de 2024
- SNIS. (set de 2022). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico Temático, Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - Infraestrutura*. Brasília, DF, Brasil: Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Saneamento. Acesso em 23 de jul de 2023, disponível em [http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos#:~:text=Diagn%C3%B3stico%20Anual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%202021%20\(ano%20de%20refer%C3%A2ncia%202020\)&text=O%20SNIS%20coleta%20dados%20dos,panorama%20geral%20para%20o%20pa%C3%ADs](http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos#:~:text=Diagn%C3%B3stico%20Anual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%202021%20(ano%20de%20refer%C3%A2ncia%202020)&text=O%20SNIS%20coleta%20dados%20dos,panorama%20geral%20para%20o%20pa%C3%ADs).
- SOARES, H. G., & LESSA, C. R. (2021). Substituição da Brita pelo Resíduo Cerâmico do Processo de Fundição de Precisão em Concretos de Alta Resistência. *ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração*, 18. doi:<http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.20212140>
- SURYA. (27 de mai de 2021). *Autoclave: Tudo o Que você Precisa Saber Sobre esse Aparelho*. Acesso em 21 de mar de 2023, disponível em Surya: <https://blog.suryadental.com.br/autoclave/>

- TÉCNICO EM MINERAÇÃO. (15 de fev de 2023). *Processo Pirometalurgico*. Fonte: PORTAL TÉCNICO EM MINERAÇÃO: <https://tecnicoeminerao.com.br/processos-pirometalurgicos-ou-pirometalurgia/>. Acesso em 15/02/2023.
- TOCCHETTO, M. R., PEREIRA, L. C., & TOCCHETTO, A. L. (2008). *Gerenciamento Ambiental em Galvânica a Fogo: Estudo de Caso*. Acesso em 24 de fev de 2023, disponível em www.marta.tocchetto.com:https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1026225/1/2006AA021.pdf
- TOKARSKI, F. (2023). *Prefeitura Municipal de Canoinhas*. Acesso em 29 de mai de 2023, disponível em História de Canoinhas: <https://pmc.sc.gov.br/pagina-3653/>
- TRINDADE, D., & FRADE, J. M. (19 - 21 de mai de 2021). *Economia Circular Aplicada ao Eco-design de Mobiliário em Cimento Carregado com Resíduos de Cerâmica e Vidro.. Florianópolis, 2021*. Disponível em: [htt. \(U. F. UFSC, Ed.\) IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto](http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228855/VOLUME%20II%20--70-80.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Os%20principais%20res%C3%ADduos%20gerados%20em,aceites%20pelo%20controle%20de%20qualidade). Acesso em 14 de fev de 2023, disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228855/VOLUME%20II%20--70-80.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Os%20principais%20res%C3%ADduos%20gerados%20em,aceites%20pelo%20controle%20de%20qualidade>
- UFMG. (1999). *História do Lixo - Linhas Gerais*. (U. F. UFMG, Editor) Acesso em 11 de jan de 2023, disponível em Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos - GERESOL: <https://www.ufmg.br/proex/geresol/lixohistoria.htm>
- UFRGS. (2023). *Reciclagem de Materiais Metálicos*. Acesso em 21 de fev de 2023, disponível em Universidade Federal do Rio Grande do Sul: <https://www.ufrgs.br/napead/projetos/reciclagem-materiais-metalicos/pag6.php>
- UFSCAR. (2023). *Recuperação de Metais*. Acesso em 23 de fev de 2023, disponível em Agência de Inovação Universidade Federal de São Carlos: <https://www.inovacao.ufscar.br/pt-br/news/patentes/788-recuperacao-de-metais>
- UTEP. (2022). *Resíduos de Borracha*. Acesso em 03 de fev de 2023, disponível em USINA DE TRATAMENTO ECOLÓGICO DE PNEUS: <https://www.utep.com.br/residuos-de-borracha.php>

- VALORCAR. (2022). *Anos Anteriores - Veículos*. Fonte: VALORCAR Valorizamos o Ambiente: <https://www.valorcar.pt/pt/vfv/antigos-indicadores>
- VALORCAR. (2023). *REDE VALORCAR recicla mais de 109 mil VFV em 2022*. Acesso em 01 de mar de 2023, disponível em VALORCAR Valorizamos o Ambiente: <https://www.valorcar.pt/pt/novidades/59/rede-valorcar-recicla-mais-de-109-mil-vfv-em-2022>
- VEIT, H. M., JUCHNESKI, N. C., & SCHERER, J. (mar de 2014). Uso de Separação Gravimétrica na Concentração de Metais Provenientes de Sucatas de Placas de Circuito Impreso. *REM: R. Esc. Metallurgy and Materials*, 67(1), pp. 73-79. Acesso em 12 de fev de 2023, disponível em <https://www.scielo.br/rj/rem/a/QrD3YSjzxwKKczX9RHgvs6F/?format=pdf&lang=en>
- VERTOWN. (23 de Out de 2024). *Em quais estados o MTR deve ser gerado pelo site do órgão ambiental estadual?* Acesso em 01 de Mar de 2025, disponível em Vertown, Gestão de Resíduos: <https://www.vertown.com/blog/em-quais-estados-o-mtr-deve-ser-gerado-pelo-site-do-orgao-ambiental-estadual/#:~:text=Confira!,respons%C3%A1vel%20por%20fiscalizar%20o%20mtr>
- VETTORATOL, J. G., GIEHL, J. L., CHITOLINA, S., BETTKERL, D. R., & FREITAS, N. C. (Jan de 2021). O Vidro e a Importância de seu Processo de Reciclagem e Logística Reversa. *Revista DI@LOGUS*, 10, pp. 25-47. doi:<https://doi.org/10.33053/dialogus.v10i1.395>
- VIANA, E., SILVEIRA, A. I., & MARTINHO, G. (2015). *Caracterização de resíduos sólidos, uma abordagem metodológica e propositiva* (1ª ed.). São Paulo, SP, Brasil. Acesso em 14 de jan de 2023, disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YTFVCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=caracteriza%C3%A7%C3%A3o+dos+res%C3%ADduos+s%C3%B3lidos&ots=DBlt0uLbKE&sig=blEsVrhHs15KTNjTkU4y1YNvmqQ#v=onepage&q=caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lido>
- VICENTE, M. X. (04 de Mai de 2022). *Areia de fundição não vai mais para o “lixo” no PR; novos usos incluem construção e asfalto*. Acesso em 17 de Set de 2023, disponível em [Gazeta do Povo:](#)

<https://www.gazetadopovo.com.br/parana/areia-de-fundicao-nao-vai-mais-para-o-lixo-no-pr-novos-usos-incluem-construcao-e-asfalto/>