

Maria Claudia Lima Couto  
Marcos Paulo Gomes Mol

Organizadores

# RESÍDUOS SÓLIDOS

**Um olhar plural sobre gestão,  
valorização e pesquisa**

**Volume II**



**Edifes**  
Editora do Ifes

**RESÍDUOS SÓLIDOS: UM OLHAR PLURAL SOBRE GESTÃO,  
VALORIZAÇÃO E PESQUISA  
VOLUME II**

**Maria Claudia Lima Couto**  
**Marcos Paulo Gomes Mol**  
(Organizadores)

**RESÍDUOS SÓLIDOS: UM OLHAR PLURAL SOBRE GESTÃO,  
VALORIZAÇÃO E PESQUISA**  
**VOLUME II**



**Edifes**

Vitória, 2023

**Autores:**

Adalmario Neto Silva de Freitas	Maiara Leite Zupeli
Aline de Souza Lopes	Marco Aurélio de Abreu Bortolini
Amanda Diniz de Moura	Marcos Paulo Gomes Mol
Ana Luiza Kruger Velten R. Pinto	Maria Claudia Lima Couto
Aramis Cortes de Araújo Junior	Maria Eduarda Cecílio Lopes
Arnaldo Henrique de O. Carvalho	Maria Luísa Ribeiro de Paiva Hubner
Beatriz Torezani Sacramento	Mariana Cerqueira de Miranda
Benvindo Sirtoli G. Junior	Mariana Nunes Catapano
Breno Licerio Torquato	Mariângela Dutra de Oliveira
Dayane Valentina Brumatti	Marisleide Garcia de Sousa
Felipe Devens Costa	Max Filipe Silva Gonçalves
Francisco de Assis Ferreira	Oeber de Freitas Quadros
Glauber Henrique Rodrigues Dias	Patrício José Moreira Pires
Isabella Macedo Menezes	Priscila do Nascimento
Jacqueline Rogéria Bringhenti	Rafaela Recla Cometti
Jonio Ferreira de Souza	Raphaela Gallo Carvalho Caldeira
Katia Broeto Miller	Raquel Machado Borges
Larissa Rosario Barbosa	Vinícius Almeida de Oliveira
Lorrayne Oliveira de Souza	



**Edifes**

Editora do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Espírito Santo  
R. Barão de Mauá, nº 30, Jucutuquara,  
Vitória-ES,  
CEP 29040-689  
www.edifes.ifes.edu.br | editora@ifes.edu.br

Reitor: Jadir José Pela  
Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Lezi José Ferreira  
Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Luciano de Oliveira Toledo  
Pró-Reitora de Ensino: Adriana Piontkovsky Barcellos  
Pró-Reitor de Extensão: Lodovico Ortlieb Faria  
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Romero da Silva  
Coordenador da Edifes: Adonai José Lacruz

### Conselho Editorial

Aldo Rezende \* Aline Freitas da Silva de Carvalho \* Aparecida de Fátima Madella de Oliveira \* Eduardo Fausto Kuster Cid \* Felipe Zamborlini Saiter \* Gabriel Domingos Carvalho \* Jamille Locatelli \* Marcio de Souza Bolzan \* Mariella Berger Andrade \* Ricardo Ramos Costa \* Rosana Vilarim da Silva \* Rossanna dos Santos Santana Rubim \* Viviane Bessa Lopes Alvarenga.

### Produção editorial

Projeto Gráfico: Assessoria de Comunicação Social do Ifes  
Revisão de texto: Laryssa Fazolo (GM Editorial)  
Diagramação e epub: Ana Carolina Pereira (GM Editorial)  
Capa: Higor Ferraço da Silva (Edifes)

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R433      Resíduos sólidos [recurso eletrônico] : um olhar plural sobre gestão, valorização e pesquisa : volume II / organizado por Maria Claudia Lima Couto e Marcos Paulo Gomes. – Vitória, ES : Edifes, 2023.

1 recurso on-line : ePub ; 287 p. ; il.

Vários autores.

ISBN: 978-85-8263-746-3 (e-book).

ISBN: 978-85-8263-745-6 (impresso).

I. Resíduos sólidos - Gestão. 2. Resíduos sólidos – Reaproveitamento. I. Couto, Maria Claudia Lima. II. Mol, Marcos Paulo Gomes. III. Título.

CDD – 628

Bibliotecária responsável: Rossanna dos Santos Santana Rubim – CRB6- ES 403

DOI: 10.36524/9788582637463

Este livro foi avaliado e recomendado para publicação por pareceristas ad hoc.  
*Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Brasil.*



## PREFÁCIO

Na década de 1990 e início dos anos 2000, atravessamos no Brasil um período em que os impactos e as soluções em torno dos resíduos sólidos foram adquirindo mais importância nos aspectos ambientais e sanitários. Após anos de debates, o Marco Legal do setor foi instituído em 2010, e, depois, instrumentos como a logística reversa vieram ganhando protagonismo e materializando o princípio da responsabilidade compartilhada na condução da política pública.

Naquele mesmo período, os técnicos brasileiros que se dedicavam aos resíduos sólidos, buscaram referências em países do hemisfério norte, de onde muitas técnicas e tecnologias foram importadas e aplicadas no Brasil, resultando em avanços mas também em casos de insucessos porque, entre outros importantes fatores, foram pensados para utilização com base em pré-condições de planejamento, gestão e gerenciamento integrado de resíduos sólidos, na época ainda incipiente entre nós.

Este livro é um exemplo de que a evolução do conhecimento sobre o tema tornou-se mais ágil na medida em que maior número de técnicos brasileiros, em ambiente multidisciplinar e pontos de observações tropicais, passou a se dedicar ao tema resíduos sólidos e seus impactos sociais, econômicos, sanitários e ambientais.

Os autores e organizadores deste livro, reunidos em diferentes trabalhos, que, porém, se integram pelos propósitos semelhantes, expressam os resultados das suas iniciativas que, sustentadas pelo

conhecimento acadêmico, desvendaram fatores antes incógnitos que, ao serem adequadamente trabalhados, deverão contribuir com os avanços dos estudos e com o aprimoramento dos modelos operacionais utilizados no manejo dos resíduos sólidos.

A heterogeneidade é uma das principais características dos resíduos sólidos, o que demanda diagnóstico para classificá-los e, priorizando valorizá-los, submetê-los a modelos de gerenciamento e rotas tecnológicas que tenham viabilidade técnica, econômica e ambiental. A conscientização ambiental dos atores que desempenham a responsabilidade compartilhada pelos resíduos é essencial para o êxito das iniciativas públicas e privadas com foco no gerenciamento integrado.

O atual cenário no manejo dos resíduos sólidos ainda nos mostra realidades distintas, que se situam dentro de um intervalo delimitado numa extremidade pela convicção da total inutilidade dos resíduos sólidos, e na extremidade oposta pelas oportunidades que neles estão presentes. Uma das possíveis intenções dos autores, subliminares ou não, irá despertar, no leitor interessado no assunto, uma reflexão que o levará a concluir sobre sua atual posição no intervalo de realidades acima mencionado, e deverá aguçar naqueles com perfil técnico a vontade de ampliar seu trabalho e pesquisa sobre o tema.

Nos resíduos sólidos que produzimos, estão presentes matéria-prima, energia, trabalho, transporte e outros componentes, todos agregando valores e possibilidades que não devem ser ignoradas.

Além de ser o resultado de pesquisas e trabalhos, importantes para informação e formação, desejo que este livro seja bem aproveitado também como fonte de inspiração.

**CARLOS ROBERTO DE LIMA**

# APRESENTAÇÃO

Por Maria Claudia Lima Couto e Marcos Paulo Gomes Mol

A temática “resíduos sólidos” tem se tornado cada vez mais necessária e objeto de pesquisa com diferentes enfoques, tendo em vista que as soluções para sua gestão adequada perpassam por elementos técnicos, ambientais, sociais, comportamentais e econômicos.

A obra **Resíduos Sólidos: Um olhar plural sobre gestão, valorização e pesquisa - Volume II** dá continuidade ao que foi produzido no Volume I, sendo uma coletânea de artigos produzidos, na sua maioria, por professores, alunos e servidores do Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes, e também por professores e pesquisadores convidados da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), do Centro Universitário Faesa, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), da Fundação Ezequiel Dias (Funed/MG), da Universidade Presbiteriana Mackenzie, cujos trabalhos se alinham e contribuem para a geração de conhecimento sobre os resíduos sólidos no Brasil, em especial no Espírito Santo.

Organizada em três partes, a publicação é composta por 15 capítulos, que expressam temáticas pertinentes à gestão dos resíduos sólidos, com trabalhos com enfoque no diagnóstico dos resíduos sólidos e coleta seletiva, as percepções dos atores envolvidos sobre os resíduos sólidos e oportunidades no âmbito dos resíduos sólidos, seja via educação ambiental, aproveitamento de biogás nos sistemas de biodigestão de resíduos sólidos e áreas correlatas.

A Parte I desta obra tem um enfoque voltado para os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com trabalhos abordando o diagnóstico dos resíduos sólidos e a coleta seletiva no âmbito municipal ou em instituições de ensino. Os estudos abordam os aspectos positivos e as principais dificuldades encontradas na condução de programas de coleta seletiva, possibilitando a identificação de experiências exitosas e ações que necessitam de intervenção, seja na escala municipal ou institucional, contribuindo, assim, para a ampliação e melhoria desses programas.

Na Parte II, são apresentados estudos sobre percepções dos atores envolvidos, de alguma maneira, no gerenciamento dos resíduos sólidos e as oportunidades via educação ambiental em municípios do Espírito Santo e Minas Gerais, além de uma abordagem sobre os resíduos de serviços de saúde. Os estudos analisam a viabilidade econômica dos investimentos em ações de educação ambiental como ferramenta para aumentar a participação popular no sistema de coleta seletiva municipal. Visam também caracterizar as atividades, infraestruturas e instalações da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, avaliar sua compreensão socioambiental e, ainda, a função do sujeito social quanto aos sistemas ambientais.

Por fim, na Parte III traz estudos sobre oportunidades vinculadas aos resíduos sólidos, com trabalhos sobre aproveitamento de biogás nos sistemas de biodigestão de resíduos sólidos, modelos de composteira para uso em ambientes domiciliares, valorização de resíduos sólidos gerados no beneficiamento de café, e avaliação do emprego de coproduto de aciaria e granulada de alto forno em microrrevestimento asfáltico. Estes estudos, apesar da diversidade de tipologias dos resíduos, reforçam a necessidade de estudos sobre este contexto, tendo em vista o potencial de geração de inovações e negócios nessa área.

Essa variedade de temáticas na área de resíduos demonstra a amplitude do tema, sua importância no contexto social e econômico dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, e expressa o crescimento e alinhamento na produção científica das principais instituições dos estados na área.

# SUMÁRIO

## PARTE I - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E COLETA SELETIVA

### CAPÍTULO 1 – GERENCIAMENTO DA COLETA SELETIVA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO .....

Introdução .....	14
1 Gerenciamento da coleta seletiva em Instituição de Ensino Superior (IES).....	16
2 Estudo de caso em IES de Vitória/ES.....	17
3 Avaliação da coleta seletiva em IES de Vitória.....	19
4 Considerações finais .....	32

### CAPÍTULO 2 - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, CAMPUS IBATIBA .....

Introdução .....	37
1 Metodologia.....	39
2 Resultados e discussão .....	41
3 Considerações finais .....	49
4 Recomendações.....	51

### CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS: DESAFIOS E PROPOSTAS PARA ADEQUAÇÃO À POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....

Introdução .....	57
1 Metodologia.....	60
2 Resultados e Discussões .....	60
3 Considerações finais .....	75

### CAPÍTULO 4 - A COLETA SELETIVA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO-MG .....

Introdução .....	82
1 Metodologia.....	85
2 Resultados.....	85
3 Considerações finais .....	94

## PARTE II - PERCEPÇÕES DOS ATORES ENVOLVIDOS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OPORTUNIDADES VIA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

### CAPÍTULO 5 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS EM AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE-ES..... 100

Introdução .....	100
1 Metodologia.....	102
2 Caracterização da área de estudo.....	103
3 Resultados e discussão .....	109
4 Considerações finais .....	114

### CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO E PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL QUANTO AO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE IBATIBA-ES .....

Introdução .....	118
1 Metodologia.....	121
2 Panorama ambiental nacional .....	124
4 Resultados e discussão .....	127
5 Considerações finais .....	135

### CAPÍTULO 7 - AVALIAÇÃO DA COLETA SELETIVA EM VESPASIANO A PARTIR DA EXPERIÊNCIA DA COPARE..... 143

Introdução .....	143
1 Metodologia.....	146
2 Resultados.....	147
3 Discussões.....	153
4 Considerações finais .....	157

### CAPÍTULO 8 - PERSPECTIVAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SAÚDE (RSS): UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DIANTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .....

Introdução .....	162
1 Motivadores da Logística Reversa (LR).....	164
2 Abordagem técnica da Logística reversa no contexto dos resíduos de serviços de saúde.....	166
3 Abordagem jurídica da logística reversa dos resíduos sólidos .....	173
4 Considerações finais .....	176

### **PARTE 3 - OPORTUNIDADES VINCULADAS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

#### **CAPÍTULO 9 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS EMPREGANDO BIOMASSA RESIDUAL DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA .....**

Introdução .....	183
1 O biogás .....	185
2 Metodologia .....	197
3 Resultados e Conclusão .....	208

#### **CAPÍTULO 10 - CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES POR ALUNOS: APLICAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICA NA GERAÇÃO DE BIOGÁS.....**

Introdução .....	219
1 Materiais e métodos.....	221
2 Resultados.....	223
3 Considerações finais .....	226

#### **CAPÍTULO 11 - CARACTERÍSTICAS DE COMPOSTEIRA TÍPICA PARA AMBIENTES DOMICILIARES E REQUISITOS DE PROJETO PARA NOVOS MODELOS .....**

Introdução .....	228
1 Características de uma composteira típica, identificação de problemas existentes e requisitos de projeto para novos modelos .....	230
2 Considerações finais .....	237

#### **CAPÍTULO 12 - VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....**

Introdução .....	238
1 Método .....	241
2 Resultados.....	246
3 Considerações finais .....	251

#### **CAPÍTULO 13 - AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE COPRODUTO DE ACIARIA E GRANULADA DE ALTO FORNO EM MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO .....**

Introdução .....	254
1 Materiais e métodos.....	257
2 Resultados.....	263
3 Considerações finais .....	274

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>280</b>
<b>SOBRE OS AUTORES .....</b>	<b>282</b>

# **PARTE I - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E COLETA SELETIVA**

# CAPÍTULO 1

## GERENCIAMENTO DA COLETA SELETIVA EM CAMPI UNIVERSITÁRIOS: O CASO DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO

Larissa Rosario Barbosa

Jacqueline Rogéria Bringhenti

Jonio Ferreira de Souza

### Introdução

As Instituições de Ensino Superior (IES), devido à variedade e complexidade de suas atividades, podem ser comparadas a pequenos núcleos urbanos e devem promover a sustentabilidade por meio de suas atividades. Com isso, a adoção de práticas sustentáveis como a coleta seletiva tornam-se essenciais para a redução desses impactos.

Segundo Tauchen e Brandli (2006), as IES possuem experiência na investigação interdisciplinar, e por serem promotoras de conhecimento, deveriam assumir o protagonismo na construção de projetos sustentáveis, como é o caso da coleta seletiva.

Além de cumprir o seu papel como pessoa jurídica dentro de um ambiente físico, a Universidade tem como missão e dever construir uma “consciência ambiental” nos futuros profissionais (SANTOS, 2018). É esperado que exista um padrão elevado de consciência ambiental coletiva dentro dos ambientes universitários, visto que existe um maior

contato com informações técnicas atualizadas, legislações e questões que permeiam o contexto social (ALKMIM, 2015).

De acordo com Araújo (2004), o papel das IES nas discussões sobre sustentabilidade deve ir além da relação ensino/aprendizagem vista em salas de aula, é preciso avançar e envolver a comunidade do entorno, visando soluções efetivas para a população local. Assim, devem colocar em prática aquilo que ensinam, tornando sua gestão interna um modelo de gestão sustentável, para assim influenciar outras instituições e formar cidadãos responsáveis (LARA, 2012).

As Instituições de Ensino Superior brasileiras possuem uma grande diversidade sociocultural, ambiental e econômica que pode influenciar diretamente os aspectos qualitativos e quantitativos dos resíduos gerados. Sendo assim, cada universidade deve buscar os sistemas de coleta seletiva que melhor se adaptem à sua realidade (EUSTÁQUIO, 2017).

A coleta seletiva está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial os de número 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 12 (Consumo e Produção Responsáveis), elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, já que contribui para melhoria das condições ambientais e inclusão social e econômica.

No município de Vitória, a Lei nº 8.971/2016 define que todo gerador de resíduos sólidos que gera mais de 200 litros/dia, passa a ser responsável pela coleta, transporte e pela destinação final dos resíduos. O Decreto nº 17.060 de 2017 regulamenta essa lei. A Lei nº 6.669/2006 institui a coleta seletiva em todos os estabelecimentos de ensino da rede municipal de Vitória e escolas privadas de ensino médio e superior, tornando obrigatória a instalação de lixeiras de coleta seletiva em todas as dependências desses estabelecimentos.

O Decreto Federal 5.940/2006 determina que as instituições públicas federais devem implementar a coleta seletiva de seus resíduos na unidade de origem, devem cumprir a PNRS e elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Essa lei institui a separação na fonte dos resíduos recicláveis descartados por órgãos e entidades

públicas federais e determina que sua destinação deve ocorrer às associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis.

## 1 Gerenciamento da coleta seletiva em Instituição de Ensino Superior (IES)

As instituições de ensino são responsáveis pela geração de variados tipos de resíduos oriundos de atividades relativas à produção de alimentos, atividades administrativas, salas de aula, limpeza, entre outros. Grande parte desses resíduos são recicláveis, podendo tomar medidas que possibilitem que eles sejam reciclados, e não enviados diretamente para aterros sanitários (TAUCHEN; BRANDLI, 2006). Os resíduos das Instituições de Ensino Superior fazem parte do grupo de resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, porém, em função de seu porte, também geram resíduos de outros grupos, inclusive os perigosos, como de serviços de saúde.

Apesar de o tema da CS despertar grande atenção como prática sustentável adequada para ambientes de ensino, a maioria dos estudos disponíveis na literatura aplicados a escolas focam nos aspectos pedagógicos e da participação social, existindo lacuna em relação ao papel da infraestrutura operacional como força motriz para o seu adequado funcionamento.

Ao avaliar a implantação de um Sistema de Gestão de Resíduos baseado no Ciclo de Melhoria Contínua na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – FEC UNICAMP, os autores destacaram os ganhos decorrentes da existência de um Plano de Gestão de Resíduos como a redução na geração de resíduos, geração de emprego e renda para as pessoas envolvidas na cadeia de reciclagem e formação de agentes multiplicadores da gestão de resíduos (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017).

## 2 Estudo de caso em IES de Vitória/ES

Segundo a Sinopse Estatística da Educação Superior, realizada em 2019 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o Município de Vitória possuía 21 Instituições de Educação Superior, sendo duas federais, uma estadual e dezoito instituições privadas as quais foram contactadas e convidadas a participar do estudo de caso.

Para a coleta de informações foi utilizado questionário estruturado com uso da ferramenta Google Forms contendo questões acerca de: dados gerais da instituição, sobre a oferta de cursos, sobre a existência e o funcionamento de iniciativa de CS, motivação de implantar a CS, bem como os pontos positivos e negativos, existindo ainda um campo para comentários e informações adicionais pelo entrevistado. O instrumento foi enviado por e-mail aos gestores responsáveis das 21 IES de Vitória, sendo ainda feitos contatos por telefone para motivar a participação, com um retorno de quatro respondentes em que três possuíam iniciativas de CS (Quadro 1.1)

**Quadro 1.1** — Perfil das instituições de ensino estudadas

	IES A	IES B	IES C	IES D
População (alunos/funcionários)	1650	4264	20767	900
Nível de Ensino ofertado	Superior e Pós-graduação	Médio, Superior e Pós-graduação	Superior e Pós-graduação	Superior e Pós-graduação
Categoria Administrativa	Privada	Pública	Pública	Privada
Situação da CS	Em funcionamento	Em reativação	Em reativação	Não possui

Fonte: De autoria própria (2022)

A IES A é uma instituição privada, criada em 2000, e oferece cursos desde a graduação até o doutorado. Em 2015 lançou o Projeto 120% Sustentável e passou a disseminar o posicionamento consciente de que todos poluem, mas o crescimento e desenvolvimento econômico deve acontecer de forma sustentável. O projeto nasceu dentro da sala de aula, a partir da identificação da necessidade entre alunos e professores da mudança de posicionamento em relação à corresponsabilidade de todos ao tema “poluição e degradação ambiental”. Os objetivos do projeto são divididos em cinco perspectivas: energia, recursos hídricos, reciclagem, educação e qualidade de vida. A captação dos recursos se dá por meio da economia da conta de energia, a partir da utilização do sistema solar, da captação de contribuições no mercado, e por meio da cobrança pela utilização da área de estacionamento interno da instituição.

A IES B é uma instituição pública, inaugurada em 1909, porém somente em 2004 passou a ser uma Instituição de Ensino Superior e ganhou autonomia para implantar cursos em todos os níveis da educação profissional e tecnológica. Em 1998, a instituição implementou o Programa de Gestão e Educação Ambiental (PROGEA), visando envolver educadores, educandos e a comunidade na busca e na conservação de um ambiente ecologicamente equilibrado. O objetivo era garantir, através de termos e ações, a inserção da educação ambiental nos currículos dos cursos oferecidos pela Instituição. Em 2007, teve início o projeto Reciclideias, envolvendo um grupo de professores e estudantes de graduação. A primeira etapa do projeto focou em ações educativas e suporte técnico, com finalidade de engajamento dos alunos. Em agosto de 2014, foi instalado na instituição um protótipo de coletor de materiais recicláveis, aumentando a participação na coleta seletiva.

A IES C é uma instituição autárquica fundada em 1954, com autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial. Em 2014 foi criada a Coordenadoria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (CMAS) com objetivo de tratar as questões ambientais e sustentabilidade dentro da Instituição, pois existiam projetos

pontuais, mas sem integração. Iniciou seu programa de coleta seletiva solidária em 2016 através da publicação da Portaria nº 1433, atualmente operando sob a Portaria 1948/2018.

A IES D é uma instituição de ensino superior privada, integrada a uma grande rede de ensino há sete anos. Possui cursos de Administração, Direito, Pedagogia, Arquitetura, Engenharia Elétrica e Engenharia de Produção. Não possui programas de coleta seletiva, existindo planos para futura implantação.

Visando conhecer detalhes do funcionamento das iniciativas de CS foram realizadas visitas de campo utilizando *check list* elaborado com base na revisão de literatura, a fim de obter informações sobre os aspectos estruturais, operacionais, sanitários, além de ações de divulgação e sensibilização utilizadas. Adicionalmente foram registradas observações de interesse à pesquisa e realizados registros fotográficos. As visitas permitiram identificar as soluções adotadas para o gerenciamento da CS nas IES avaliadas, bem como os impactos negativos das restrições impostas pela pandemia da covid-19 e a adoção do ensino e trabalho remoto nesses programas.

Os dados coletados permitiram observar a existência de posturas voltadas à preocupação ambiental, na forma de atitudes em relação à sustentabilidade nos locais estudados.

### 3 Avaliação da coleta seletiva em IES de Vitória

#### 3.1 Motivação para implantação da coleta seletiva nas IES

Sobre os motivos para implantação de programas de coleta seletiva nas IES, o atendimento à legislação foi o mais citado pelos participantes da pesquisa (Quadro 1.2).

**Quadro 1.2** — Motivação para implantação dos projetos de coleta seletiva

Motivação da implantação do projeto	IES analisadas		
	IES A	IES B	IES C
Atender à legislação/norma legal do município/estado/ União	X	X	X
Plano pedagógico da instituição de ensino	X	X	
Aspecto social relacionado aos catadores de recicláveis			X
Iniciativa de pesquisa dos alunos	X	X	

Fonte: De autoria própria (2022)

A construção de sociedades sustentáveis depende do papel do governo na elaboração, execução e divulgação de iniciativas que permitam seu desenvolvimento, proporcionando meios para a concretização de práticas ecologicamente corretas. A implementação de políticas ambientais condizentes com o desenvolvimento sustentável é fundamental para o aumento das práticas de coleta seletiva. Os resultados da pesquisa de Rissato *et al.* (2018) mostraram que entre 2012 e 2016 houve aumento de cerca de 10% do número de municípios brasileiros que implementaram a prática da coleta seletiva.

As universidades públicas (IES B e C) são instituições federais e grandes geradoras de resíduos sólidos, tendo que cumprir a legislação vigente em seus diversos aspectos. Entretanto foi observado que as ações de CS surgem de maneira informal, de iniciativas de professores e estudantes, sem apoio institucional inicial.

Nesse contexto, Rissato *et al.* (2018) demonstraram que, apesar da obrigação instituída pelo Decreto nº 7.746/2012, das 63 Universidades Federais pesquisadas, somente 35 publicaram os Planos de Ação (PA) e 18 publicaram os Relatórios de Acompanhamentos (RA). Ações e normativas relacionadas ao cumprimento da legislação, como certificações, contribuíram para o aumento de PCS nessas instituições.

## 3.2 Pontos positivos da coleta seletiva nas IES

Quanto aos pontos positivos apontados pelos gestores das instituições analisadas, destaca-se a melhoria da qualidade ambiental, o incentivo à educação ambiental e à segregação dos resíduos gerados em secos (embalagens) e orgânicos (Quadro 1.3).

**Quadro 1.3** — Pontos positivos dos programas de coleta seletiva segundo os gestores das IES

Pontos positivos	IES analisadas		
	IES A	IES B	IES C
Melhoria da qualidade ambiental	X	X	X
Incentivo à educação ambiental	X	X	X
Segregação dos resíduos gerados em orgânicos e secos	X	X	X
Redução na geração de resíduos		X	
Geração de renda para catadores (social)	X		X

Fonte: De autoria própria (2022)

Tais resultados evidenciam a preocupação das IES analisadas com a formação de profissionais atualizados com as questões ambientais. Bispo (2014) concluiu que alunos bem-preparados se tornam melhores profissionais, disseminadores de conhecimento e ajudam a formar uma sociedade mais culta, que luta pelo desenvolvimento do país.

## 3.3 Aspectos dificultadores da implantação da Coleta Seletiva nas IES

Quanto aos aspectos que dificultam a condução do programa de coleta seletiva analisados, a adesão da comunidade escolar é o mais citado, como mostrado no Quadro 1.4. Também foram apontados aspectos como falta de equipe qualificada para trabalhar exclusivamente com coleta seletiva, falta de recursos tanto para manutenção dos PCS

como para a realização de ações de divulgação e sensibilização de funcionários e estudantes e dificuldades no monitoramento.

Quadro 1.4 — Desafios observados na implantação e manutenção da coleta seletiva

Aspectos dificultadores	IES ANALISADAS		
	IES A	IES B	IES C
Consolidação do programa de CS	X	X	
Manter e ampliar a adesão da comunidade universitária	X	X	X
Ter equipe de apoio operacional de CS		X	X
Monitoramento, elaboração de relatórios de gestão e divulgação de resultados		X	
Obter financiamento para operar e manter a CS		X	X

Fonte: De autoria própria (2022)

Segundo Bringhenti e Günther (2011), a participação social é uma das maiores dificuldades encontradas na implantação de programas de CS. As autoras afirmam que a comunidade deve ser sensibilizada, motivada e os conceitos e práticas precisam ser assimilados e incorporados no cotidiano da população envolvida. Isso contribui para assegurar a operacionalização, continuidade e para atingir os resultados esperados do programa de coleta seletiva.

### 3.4 Aspectos estruturais para a coleta seletiva

Quanto aos aspectos relacionados à estrutura física de armazenamento e acondicionamento dos recicláveis, foi observado o estado de conservação, quantidade, localização, tamanhos, formato e presença de identificação nos acondicionadores de recicláveis. O Quadro 1.5 apresenta os aspectos estruturais das IES analisadas.

**Quadro 1.5** — Aspectos estruturais das IES analisadas

IES	Estado de Conservação	Localização	Identificação	Tamanhos	Formatos	Possui tampa
A	Bom	Áreas de convivência, cantina, salas de aula	Sim	Até 50 L	Cilíndricos e retangulares	sim
B	Ruim	Cantina e salas de aula	Sim	Mais de 200 L	Cilíndricos e retangulares	não
C	Ruim	Diversos pontos	Sim	Até 50 L	Retangulares	sim

Fonte: De autoria própria (2022)

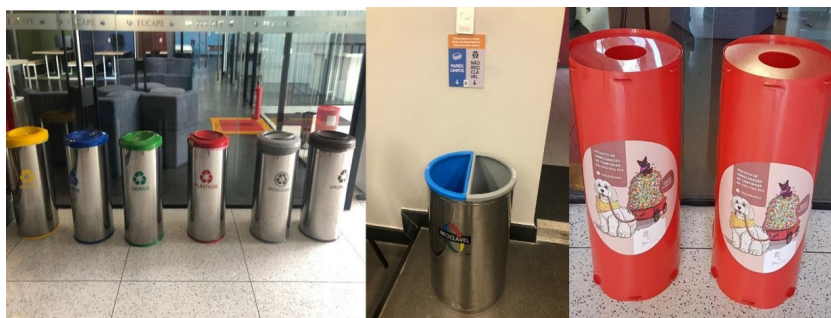
A instituição A possui quatro pontos de coleta: cantina, *hall* do segundo andar, espaço de convivência no primeiro andar e na área externa. Os pontos de coleta localizados na cantina e na área possuem seis acondicionadores de recicláveis em polietileno de alta densidade (PEAD), com capacidade de 50 litros. Possuem tampa, presos no suporte de aço e estão identificados. Seguem o padrão de cores proposto pela Resolução CONAMA 275 de 2001 e são separados em: papéis, vidros, não recicláveis, metais, orgânicos e plásticos, como mostra a Figura 1.1.

**Figura 1.1** — Acondicionadores de recicláveis localizados na área externa da IES A

Fonte: De autoria própria (2022)

Os pontos de coleta localizados no primeiro e segundo andar possuem acondicionadores de recicláveis de 22 litros, em formato cilíndrico. Possuem tampa e estão identificados com o tipo de resíduo a ser coletado. Nas salas de aula, os acondicionadores são cilíndricos e formados por dois compartimentos, um para coleta de papel e outro para resíduos não recicláveis. A instituição conta também com acondicionadores para coleta de tampinhas plásticas. Os materiais são doados para uma ONG animal, onde o dinheiro arrecadado com a venda é utilizado para custear a castração de cães e gatos (Figura 1.2). A coleta de pilhas e baterias é realizada por uma empresa particular.

**Figura 1.2** — Acondicionadores de recicláveis IES A



Fonte: De autoria própria (2022)

A IES B possui dois acondicionadores de recicláveis e um contentor para resíduos eletroeletrônicos próximos à cantina. Nas salas de aula tem-se um acondicionador para papel e outro para resíduos não recicláveis (Figura 1.3).

Os acondicionadores localizados próximos à cantina são resultados de uma pesquisa anterior realizada por alunos do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. São feitos de placas de embalagens longa vida recicladas e madeira de reflorestamento. Possui capacidade de 1000 litros e painéis informativos com orientações para usuários. A coleta de pilhas e baterias é realizada por uma empresa particular.

**Figura 1.3** — Acondicionadores de recicláveis IES B

Fonte: De autoria própria (2022)

A IES C possui diversos pontos de coleta com acondicionadores de diversos formatos e tamanhos. As salas de aula e os corredores das edificações possuem acondicionadores em formato cilíndrico sem tampa com capacidade de 14 litros e 23 litros, respectivamente, para coleta de papel e outra para resíduos não recicláveis. Nas passarelas e outras áreas abertas tem-se um conjunto com dois acondicionadores de 50 litros, individualizadas nas cores azul (papel) e cinza (não recicláveis). Nas cantinas e restaurantes tem-se cestos de polietileno com pedal na cor cinza (resíduos orgânicos). As áreas de transbordo contam com acondicionadores com capacidade de 360 litros, nas cores azul e cinza, acondicionador com capacidade de 700 litros, na cor laranja (Figura 1.4). É importante salientar que, no período da visita, devido à determinação de ensino e trabalho remotos, houve uma redução substancial na geração de resíduos e a IES C decidiu retirar a maioria dos acondicionadores de recicláveis para evitar deterioração e vandalismo deles.

**Figura 1.4** — Acondicionadores de recicláveis IES C

Fonte: De autoria própria (2022)

Nas visitas, foi constatada grande variação nas soluções adotadas para acondicionar os recicláveis, com capacidades variando entre 22 e 1000 litros.

Quanto à localização, observou-se que os coletores eram colocados por diversos pontos, principalmente onde há maior circulação de pessoas, como cantinas e áreas de convivência. Com relação aos formatos dos acondicionadores, os mais utilizados são os cilíndricos e retangulares com tampas comuns. Segundo Lansana (1992), a proximidade dos acondicionadores de resíduos sólidos tem grande influência sobre o comportamento da comunidade, quanto menor a distância, maior a probabilidade de as pessoas separarem seus resíduos.

Todas as IES analisadas possuíam acondicionadores com adesivos identificando o tipo de resíduo a ser armazenado, porém, em algumas instituições, a identificação não se encontra visível ou em bom estado (rasgado ou apagado), como mostra a Figura 1.5, dificultando o descarte correto dos resíduos. Tal fato mostra a necessidade de investimentos na manutenção dos programas de coleta seletiva. Foi observada a falta de painéis informativos especificando em qual acondicionador cada resíduo deve ser descartado em todas as IES visitadas, que poderiam contribuir para engajar a participação.

**Figura 1.5** — Identificação nos acondicionadores de recicláveis

Fonte: De autoria própria (2022)

### 3.5 Aspectos operacionais da coleta seletiva em IES

Para identificar os aspectos operacionais relacionados ao gerenciamento da CS, observou-se a rotina de operação, frequência de coleta, responsáveis, ações de capacitação, limpeza, nível de preenchimento e recicláveis mais encontrados (Quadro 1.6)

**Quadro 1.6** — Aspectos operacionais das IES analisadas

IES	Responsáveis coleta		Frequência de coleta	Nível de Preenchimento	Reciclável mais encontrado	Aspectos Sanitários
	Interna	Externa				
A	Funcionários da limpeza	Recicla	De acordo com demanda	Menos 50%	Papel e papelão	Excelente
B	Funcionários da limpeza	Prefeitura	2 vezes na semana	Mais de 50%	Papel e papelão	Bom
C	Funcionários da limpeza	Recicla	De acordo com demanda	Mais de 50%	Papel e papelão	Bom

Fonte: De autoria própria (2022)

A IES A possui uma rotina de manutenção/operação bem definida. A Associação Capixaba de Reciclagem (RECICLA) realiza treinamentos semestrais com os funcionários responsáveis pela coleta interna. Os resíduos recicláveis são recolhidos diariamente e armazenados em uma sala destinada a receber tais resíduos. A Associação de reciclagem é avisada quando uma certa quantidade é atingida e realiza a coleta externa.

As IES B e C não possuem uma rotina de operação definida. Os funcionários da limpeza são responsáveis por coletar os recicláveis e armazenar em local destinado a receber esses resíduos. A coleta externa da IES B é realizada pela prefeitura e não existe monitoramento. Já a IES C, em 2018 tinha parceria com a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Vitória (Ascamare), em 2019 atuou junto a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Vitória (Amariv) e a partir de setembro de 2019 firmou compromisso com a Associação Capixaba de Reciclagem (RECICLA).

As parcerias com as associações de catadores mostram a preocupação das IES com a geração de emprego e renda, observada também na RSL. A IES C, por ser uma instituição federal, está de acordo com o Decreto Federal nº 5.940/2006, que define que os resíduos recicláveis por eles produzidos sejam destinados a associações e cooperativas de catadores legalmente constituídas (BRASIL, 2006), promovendo a melhoria da qualidade de vida dos catadores de materiais recicláveis.

Segundo Bringhent e Günther (2011), a terminologia lixo seco, utilizada na instituição C, quando adotada para fazer distinção da parcela do lixo domiciliar que é composta de matéria orgânica (lixo úmido), pode resultar no entendimento de que todos os resíduos secos devam ser separados para coleta seletiva, aumentando, assim, o percentual de rejeitos presentes nos materiais recicláveis. Tal fato demonstra a importância da identificação adequada dos acondicionadores e que os aspectos estruturais e operacionais estão intrinsecamente relacionados com o bom funcionamento da coleta seletiva.

Com os dados coletados, foi possível observar que nas três IES os responsáveis pela coleta interna são os funcionários da limpeza, que

muitas vezes são de empresas terceirizadas, o que acaba dificultando a capacitação quanto ao funcionamento da coleta seletiva, devido à alta rotatividade de funcionários.

Os recicláveis mais encontrados foram papel e papelão (Classe IIA). Esse resultado está de acordo com o estudo realizado por Nolasco *et al.* (2020). Na pesquisa de Vega *et al.* (2008), os autores mostram que caso o papel fosse utilizado dos dois lados, a produção seria reduzida a aproximadamente 50%, por isso a importância de campanhas de redução do desperdício, como incentivo do aproveitamento de papel para rascunho e leitura de documentos digitais.

Constata-se que os três PCS necessitam de melhorias. A IES A demonstrou um PCS mais eficiente, já as IES B e C estão em fase de reativação dos seus projetos.

### 3.5.1 Campanhas de sensibilização para a coleta seletiva

O quadro 1.7 sintetiza as ações de divulgação dos PCS avaliados nas IES.

**Quadro 1.7** — Ações informativas/educativas

Ações informativas/educativas	IES A	IES B	IES C
Palestras	X	X	
Cartazes em murais e pontos de divulgação	X	X	X
Redes sociais	X		X
Na recepção dos calouros	X		

Fonte: De autoria própria (2022)

A IES A realiza palestras de apresentação do projeto em eventos internos da instituição e semestralmente na recepção dos novos alunos. Também realiza a divulgação através de informativos em murais e pelas redes sociais. O monitoramento e treinamento dos colaboradores internos é realizado pela empresa que recolhe os resíduos coletados. Já a IES B e C realizam a divulgação dos programas de coleta seletiva

através de murais em pontos estratégicos da instituição e não realizam monitoramento. A Figura 1.6 mostra postagens nas redes sociais das IES C e A, respectivamente..

**Figura 1.6** — Divulgação projetos de coleta seletiva



Fonte: De autoria própria (2022)

A CS depende da sensibilização e engajamento da comunidade envolvida, que deve estar esclarecida da importância da coleta, caso contrário, não serão obtidos resultados eficazes com a questão ambiental. Nas IES, as estratégias de abordagem necessitam ser contínuas e permanentes, pois há entrada de pessoas com frequência mínima semestral.

A partir da revisão de literatura e dos resultados obtidos no estudo de caso, foi possível sintetizar algumas ações como contribuição para o gerenciamento da CS em IES (Quadro 1.8).

**Quadro 1.8** — Ações para o gerenciamento da coleta seletiva em IES

- Formação de uma Comissão para Coleta Seletiva;
- Definição de metas, missão e objetivos do Programa de Coleta Seletiva;
- Diagnóstico da situação atual (identificação e caracterização dos resíduos gerados);
- Definição do gerenciamento de resíduos sólidos;
- Rotina de treinamentos com os servidores terceirizados responsáveis pela limpeza;
- Ações permanentes de sensibilização junto à comunidade acadêmica;
- Elaboração de procedimentos operacionais padrões para gerenciamento dos resíduos gerados;
- Monitoramento da qualidade de segregação dos resíduos nos acondicionadores;
- Monitoramento da quantidade de recicláveis gerados;
- Coletar opiniões do público acerca do funcionamento do programa;
- Divulgação do PCS em todos os eventos realizados na instituição;
- Incentivo a programas de reutilização e redução do desperdício.

Fonte: De autoria própria (2022)

## 4 Considerações finais

O principal fator de motivação para implantação de PCS, na visão dos gestores das instituições, foi o cumprimento de um requisito legal, o que indica que as questões relacionadas ao meio ambiente, saúde e sustentabilidade ainda não recebem a devida prioridade no gerenciamento dos resíduos sólidos.

A pesquisa evidenciou a importância da existência de infraestrutura adequada, recursos humanos, orçamento e ações de comunicação e educação ambiental para o desempenho de iniciativas de coleta seletiva em IES.

## REFERÊNCIAS

ALKMIM, E. B. **Conscientização ambiental e a percepção da comunidade sobre a coleta seletiva na cidade universitária da UFRJ**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1443.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ARAÚJO, M. I de O. A universidade e a formação de professores para a educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília, n. 0, p. 71-78, nov. 2004.

BISPO, F. S. da; SANTOS; A. B. S. O docente do ensino superior: Educador ou Prestador de Serviços? **SEGeT**, v. 1, 2014.

BRASIL. Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm). Acesso em: 18 dez. 2021.

BRINGHENTI, J. R.; GÜNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 4, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/tXswjvzFzYf7RKYWD6sNN7D/?lang=pt#>. Acesso em: 22 dez. 2021.

EUSTÁQUIO, E. A. **Estratégia para destinação de resíduos sólidos recicláveis em universidades brasileiras**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Brasil, Fernandópolis, 2017. Disponível em: <http://universidadebrasil.edu.br/portal/wp-content/uploads/2018/04/ELOAINY-ALVES-EUST%C3%81QUIO.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R. Waste management plan for higher education institutions in developing countries: the continuous improvement cycle model. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 108-118, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617300872?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2021.

INEP. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2019**. Brasília: Inep, 2020. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>. Acesso em: 19 dez. 2021.

LANSANA, F. M. Distinguishing potential recyclers from nonrecyclers: a basis for developing recycling strategies. **Journal of Environmental Education**, Victoria, v. 23, n. 2, p. 16-23, 1992.

LARA, P. T. de R. Sustentabilidade em instituições de Ensino Superior. **Revista Monografias ambientais**, v. 7, n. 7, p. 1646-1656, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/5341/3308>. Acesso em: 20 nov. 2021.

NOLASCO, E. *et al.* A. Characterization of solid wastes as a tool to implement waste management strategies in a university campus. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 22, n. 2, p. 217-236, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJSHE-12-2019-0358/full/html>. Acesso em: 10 jan. 2022.

RISSATO, P. H. S. *et al.* A Análise das práticas de coleta seletiva, no âmbito das Universidades Federais Brasileiras. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 68, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/35793>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SANTOS, F. R. As universidades e a sustentabilidade ambiental. **Revista Gestão Universitária**, v. 10, p. 1-17, jun. 2018. Disponível em: <http://www.gestaouniversitaria.com.br/artigos-cientificos/as-universidades-e-a-sustentabilidade-ambiental>. Acesso em: 21 nov. 2021.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em *campus* universitário. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 503-515, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/FPS4f4wWJHxPRpw4BcW33Gx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 16 nov. 2021.

VEGA, C. A. de.; BENITÉZ, S. O.; BARRETO, M. E. R. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. **Waste Management**, v. 28, Suppl. 1, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X08001451>. Acesso em: 11 jan. 2022.

VITÓRIA (Município). **Decreto nº 17.060, de 19 de maio de 2017**. Regulamenta a Lei nº 8.971, de 16 de junho de 2016, que dispõe sobre a prestação de serviços de coleta, transporte e disposição final

de resíduos sólidos produzidos por grandes geradores, nos termos da Lei Federal nº 12.305, de 2010, bem como o correspondente preço público. Vitória, ES: Prefeitura Municipal, 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=343891>. Acesso em: 21 jan. 2022.

VITÓRIA (Município). **Lei Municipal nº 6.669, de 12 de julho de 2006**. Institui a coleta seletiva de lixo nos estabelecimentos da rede municipal de ensino de Vitória, escolas privadas de ensino médio e superior. Vitória, ES: Prefeitura Municipal, 2006. Disponível em: <http://leismunicipa.is/qdmtp>. Acesso em: 15 jan. 2022.

VITÓRIA (Município). **Lei Municipal nº 8.971, de 16 de junho de 2016**. Dispõe sobre a prestação de serviços de coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos produzidos por grandes geradores, nos termos da Lei Federal nº 12.305, de 2010, bem como o correspondente preço público. Vitória, ES: Prefeitura Municipal, 2016. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/ES/VITORIA/LEI-8971-2016-VITORIA-ES.PDF>. Acesso em: 15 jan. 2022.

## CAPÍTULO 2

### DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, CAMPUS IBATIBA

Marco Aurélio de Abreu Bortolini  
Benvindo Sirtoli Gardiman Junior  
Aramis Cortes de Araújo Junior  
Mariângela Dutra de Oliveira  
Maria Claudia Lima Couto

#### Introdução

Questões relacionadas com os problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, como a quantidade, a diversidade e o destino final dos resíduos gerados, têm sido discutidas por vários segmentos da sociedade, inclusive instituições de ensino. Estas, como formadoras de cidadãos críticos e participativos, devem ter atuação importante nessas discussões (FERNANDES, 2009).

Essas discussões têm levantado preocupações estimulando a criação de leis, como a atual Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que propõe a prática de hábitos de consumo sustentável e contém instrumentos

variados para propiciar o incentivo à reciclagem e à reutilização dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, independente da sua origem, acaba influenciando o esgotamento sanitário, o abastecimento de água, a drenagem de águas pluviais urbanas, causa vários problemas ao meio ambiente, à saúde e às condições sociais do homem, além de constituir crimes ambientais (BEZERRA, 2015).

Nesse sentido, é interessante que o IFES *Campus* Ibatiba se atente para as normas legais, legislações vigentes no tocante aos resíduos sólidos e, sobretudo, às boas práticas de segregação e destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis como sugere o Decreto Presidencial nº 5.940, de 25 de outubro de 2006 (BRASIL, 2006).

Surge, então, a necessidade do desenvolvimento de métodos de gestão ambiental visando um destino adequado para os resíduos sólidos gerados, com projetos de coleta seletiva para posterior reciclagem, como têm ocorrido com uma frequência cada vez maior nas cidades brasileiras e em diversas instituições de ensino (VITORINO, 2000). Destaca-se que esses locais têm um importante papel a cumprir rumo ao desenvolvimento sustentável, servindo de exemplo a toda a sociedade, devendo preocupar-se que a ideia de sustentabilidade reflita em sua infraestrutura física, administração e linha pedagógica (CASAGRANDE JUNIOR; DEEKE, 2008).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral a caracterização quali-quantitativa dos resíduos gerados no *campus*, em conjunto com um estudo sobre a percepção da segregação dos resíduos gerados em sala de aula, e como objetivos específicos, identificar os pontos de geração, estimar um valor de venda dos resíduos recicláveis, propor ações para contribuir com a redução e descarte correto desses resíduos sólidos e fornecer dados para uma posterior implantação de coleta seletiva no *campus*.

## 1 Metodologia

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), *Campus* Ibatiba, o qual fica localizado na Avenida 7 de novembro, 40, Centro, Ibatiba, ES, Brasil. Atualmente, as aulas são ministradas nos turnos matutino, vespertino e noturno onde circulam diariamente cerca de 630 pessoas entre alunos, professores, funcionários e visitantes.

Inicialmente, diagnosticaram-se os números de colaboradores que realizam a limpeza, as formas de acondicionamento, horários das coletas, número e locais das lixeiras e a destinação final dos resíduos.

Juntamente ao diagnóstico de limpeza, estudaram-se as legislações que respaldam o tema da pesquisa: a Lei nº 12.305 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) (BRASIL, 2010), Resolução do Conama nº 275 (Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva) (CONAMA, 2001) e NBR 10007 (Amostragem de resíduos sólidos) (ABNT, 2004).

Em seguida, realizou-se a identificação e classificação dos setores existentes, em termos de estrutura física do *Campus* Ibatiba, por meio de observação *in loco*, de acordo com Madeira e Martinelli (2014).

O levantamento qualitativo e quantitativo foi realizado com a coleta dos resíduos durante quinze dias alternados com três repetições entre os meses de agosto e outubro de 2017. Esses foram classificados por meio da sua tipologia, com base na Resolução Conama nº 275, de 25 de abril de 2001 (CONAMA, 2001), em orgânico, papel, plástico, alumínio, tetra pak e isopor. A quantificação foi realizada conforme Grego e Schoenhals (2010), exceto para os resíduos dos banheiros e ambientes contaminados. Os resíduos de serviços de saúde e dos laboratórios (resíduos especiais) não foram avaliados devido à baixa geração e não possuir valor econômico.

Visando um ganho econômico com o potencial reciclável, estimou-se a geração de resíduos recicláveis para um mês letivo (considerando 20 dias úteis), em que se realizou a análise dos preços praticados no

mercado: índice BVRio (2018), índice de preços da CEMPRE (CEMPRE, 2018) e os preços levantados nas Associações de Catadores de Vitória/ES, seguido do cálculo do ganho econômico (FEITOSA *et al.*, 2018).

Por último, verificou-se, através de um estudo de percepção dos resíduos gerados em sala de aula, a conscientização ambiental e o nível de conhecimento dos alunos. A percepção deu-se durante uma semana do mês de junho de 2018, em que foram utilizadas duas lixeiras, uma destinada ao lixo seco (reciclável), e outra, lixo úmido (orgânico e não reciclável) em cada sala de aula a ser estudada.

Nos dois primeiros dias, analisou-se como os alunos segregariam os resíduos, a geração de resíduos, a organização da sala e a quantidade de resíduos sob a carteira e no chão. No terceiro dia, foi realizada uma pequena ação educativa (intervenção) em que foi explicado o que são resíduos secos e úmidos, além do valor de se realizar a correta segregação dos resíduos e também a importância da colaboração dos alunos em deixar as salas limpas e organizadas. Nos dois últimos dias, foram analisadas novamente a segregação dos resíduos e também a organização e limpeza das salas de aula. Este estudo foi realizado nos cursos de Técnico Integrado em Meio Ambiente (MA) e Técnico Integrado em Floresta (FL) em todas as séries do ensino, com 477 alunos, em 15 turmas.

A fim de verificar a diferença entre os fatores estudados sobre as variáveis respostas, empregou-se um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas no tempo, em que as parcelas correspondem à intervenção realizada em dois níveis (antes e depois), as subparcelas às séries em quatro níveis (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>) e as subparcelas aos cursos em dois níveis (MA e FL) em duas repetições. Esse tipo de esquema é utilizado quando pelo menos um dos fatores é dependente do tempo, por exemplo, a intervenção realizada e as séries cursadas pelos alunos, ferramenta também empregada em estudos por Amaral *et al.* (2010) e Oliveira *et al.* (2014).

Para o desdobramento dos fatores significativos, aplicou-se o teste de Tukey entre os níveis dos fatores “intervenção” e “cursos”

(qualitativos) e regressão sobre “séries” (quantitativo), ambos com nível de 5% de significância.

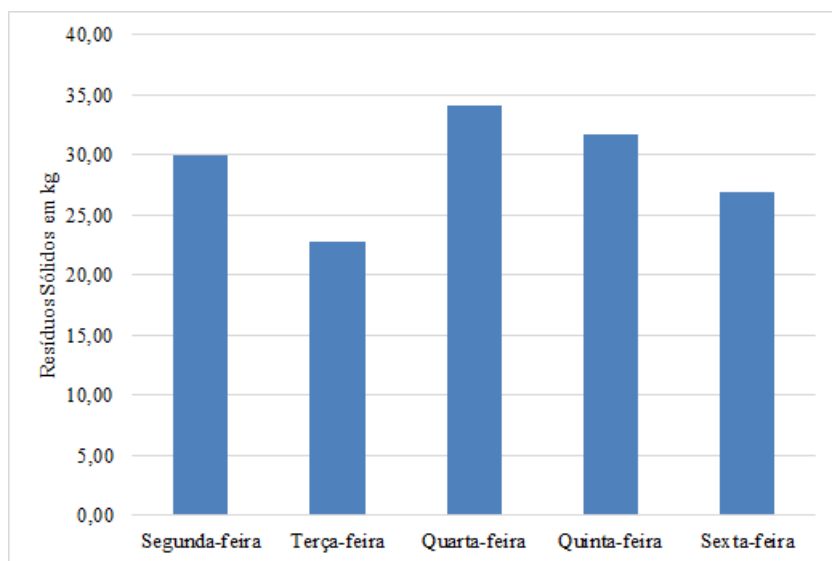
## 2 Resultados e discussão

Constatou-se que o processo de limpeza conta com oito colaboradores, designados de forma aleatória na limpeza da Instituição que é realizada em três turnos. Cada sala possui uma lixeira, os corredores têm aproximadamente duas lixeiras e a quantidade de lixeiras por banheiro variam. Nas lixeiras onde a capacidade máxima foi alcançada ou nos devidos horários de limpeza, os resíduos são recolhidos, vedados e levados para descarte nos contêineres até que os coletores da prefeitura façam o recolhimento. Essa coleta é feita diariamente, ressaltando-se que não é realizada a segregação dos resíduos na Instituição.

Classificaram-se os setores que geram resíduos em: Administrativo, Salas de Aula (inclui espaços comuns), Sala dos Professores (inclui espaços comuns), Laboratórios, Cantina, Núcleo de Gestão Pedagógica (NGP), Biblioteca, Auditório, Sala dos Terceirizados, Salas de Informática, Cozinha, Enfermaria, Banheiros e Áreas Externas (jardinagem, varrição, pátio, garagem e viveiro).

A Figura 2.1 apresenta a média das quinze coletas realizadas em que foi possível quantificar um total de 437 kg de resíduos, uma média diária de aproximadamente 30 kg. Baseado nos valores obtidos, a geração *per capita* diária da instituição é igual a 46,24 g, considerando alunos, professores, funcionários e todos que circulam na instituição. O valor obtido mostra-se semelhante ao encontrado por Penna *et al.* (2012), que encontraram uma geração *per capita* de 48,27 g quando estudou a composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *campus* Governador Valadares/MG.

**Figura 2.1** — Média da geração de resíduos sólidos em kg durante a semana



Fonte: De autoria própria (2018)

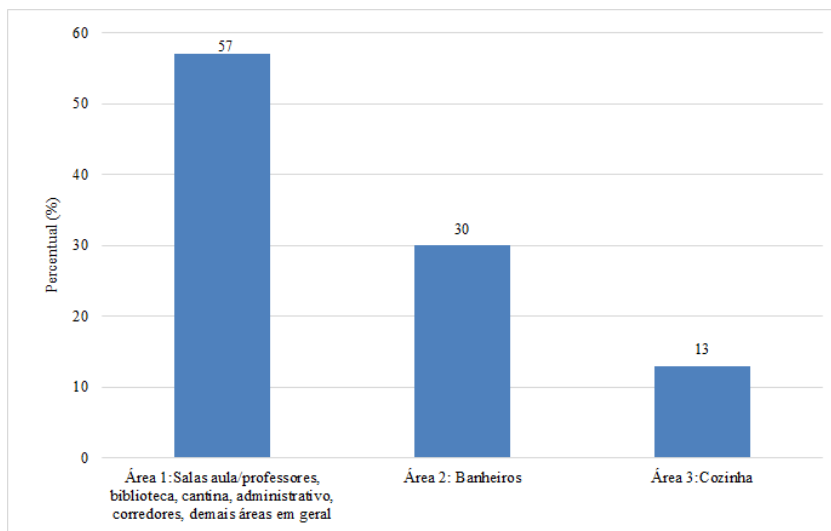
Com o cálculo da geração *per capita*, pode-se realizar um planejamento das ações voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos na Instituição. Essa quantidade é considerada pequena se comparada com uma residência, cuja faixa de geração *per capita* varia entre 500 e 1.000 gramas. Contudo as atividades desenvolvidas no ambiente doméstico geram muito mais resíduos que no ambiente escolar.

Na Figura 2.1, visualiza-se que a média na geração de resíduos da terça-feira foi a menor comparada com o restante da semana, isso se deve ao fato de que algumas turmas não tiveram aula durante uma terça-feira, causando, assim, uma baixa geração de resíduos.

Pela Figura 2.2 nota-se que a Área 1, que corresponde às salas de aula/professores, biblioteca, cantina, administrativo, corredores, demais áreas em geral, tem a maior geração de resíduos (57%), pois compreende a maior parte dos setores onde circulam e permanecem o maior número de pessoas, porém a Área 2, que se destina aos banheiros, obteve uma geração expressiva de resíduos (30%), o que se justifica

principalmente pelo uso de papel para secar as mãos, além dos resíduos de papel higiênico, por fim, a Área 3 representa a cozinha (12%), onde se observou muito resíduo orgânico, principalmente pó de café.

**Figura 2.2** — Porcentagem da geração de resíduos separados por áreas



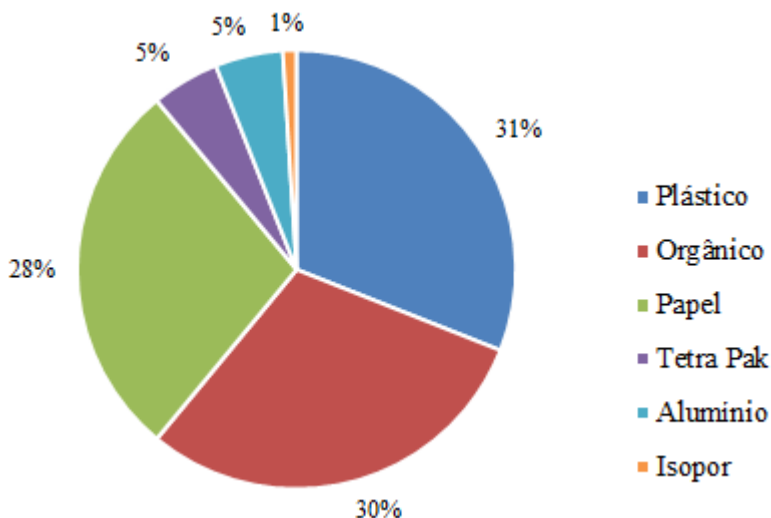
Fonte: De autoria própria (2018)

Na Figura 2.3, observa-se que o plástico, os resíduos orgânicos e o papel foram os resíduos que apresentaram maior geração. O plástico apresentou 31% do total, o que pode ser explicado devido à presença de sacolas, copos descartáveis, embalagens plásticas e garrafas PETs. Já o papel corresponde a 28%, sendo constituída basicamente por folhas sulfite, folhas de caderno, papelão e sacolas de papel. Isso demonstra um potencial para doação a associações de reciclagem, atendendo assim ao Decreto nº 5.940. Oliveira (2016) diz que ações desse tipo são importantes, pois promovem a integração entre comunidade escolar e associações de recicláveis.

O resíduo orgânico corresponde a 30% e foi composto por cascas de bananas, restos de salgados, pedaços de maçãs e restos de comida em geral, que são passíveis de compostagem, empregando

os conhecimentos das disciplinas estudadas para a construção e manutenção de composteiras na própria instituição.

**Figura 2.3** — Porcentagem de cada tipologia encontrada: plástico, orgânico, papel, tetra pak, alumínio e isopor



Fonte: De autoria própria (2018)

Ainda na Figura 2.3, nota-se que o tetra pak e o alumínio corresponderam a 5% cada um, sendo composta basicamente por embalagens de bebida láctea, por latinha de refrigerantes e embalagens de marmitta, respectivamente. O isopor corresponde a 1%, sendo composto pelas tampas das marmittas e algumas bandejas de embalagens de salgados.

A análise qualitativa dos resíduos do *Campus* Ibatiba mostra que o plástico (31%) e o papel (28%) representam os elementos em maior concentração dentre os resíduos recicláveis. Isso se deve ao consumo inconsciente e ao descarte de sacolas, embalagens de biscoitos e salgadinhos que são trazidos de casa ou comprados na cantina da Instituição e também ao grande volume de folhas de caderno, trabalhos e provas que são jogados no lixo pelos alunos. Outros estudos corroboram esses resultados. Carvalho (2015), na Universidade Federal de Lavras, as

frações de plástico e papel foram identificadas nas proporções de 26,1% e 23,9%, respectivamente. Juliatto *et al.* (2011) também observaram que o plástico e o papel eram os resíduos gerados em maior quantidade no campus da Universidade Federal de Santa Catarina.

Pode-se constatar ainda que os materiais orgânicos, atualmente, representam uma das maiores parcelas de geração diária de resíduos sólidos (30%). O alto valor encontrado desses materiais é explicado pela presença de uma cantina na instituição e também pelo fato de os alunos levarem frutas e lanches de casa, os quais efetuam o descarte de seus resíduos juntamente aos da instituição. Tal evento também ocorreu com Finkler *et al.* (2014), os quais constataram que 34,64% dos resíduos analisados eram orgânicos, que poderiam ser destinados a uma composteira, podendo ser usados por alunos em aulas práticas.

A Figura 2.4 mostra como os resíduos ficaram após a realização da segregação, nota-se principalmente um grande volume de plásticos e papéis.

**Figura 2.4** — Resíduos após a segregação: plástico, papel orgânico, tetra pak alumínio e isopor



Fonte: De autoria própria (2018)

Pela Tabela 2.1 visualiza-se que os resíduos recicláveis têm um bom valor de mercado. Caso esses materiais fossem separados

adequadamente, seria viável a sua venda, principalmente o alumínio (R\$ 3,40 kg<sup>-1</sup>) e o plástico (R\$ 1,25 kg<sup>-1</sup>) que apresentam os melhores valores de venda. Nessa simulação ao longo de um mês letivo, seria possível chegar a uma quantia aproximada de R\$ 68,00, o que comprova a viabilidade da venda desses resíduos.

**Tabela 2.1** — Resíduos recicláveis e sua quantificação ao longo de um mês para posterior estimativa de valor de venda

Resíduos recicláveis	Peso (kg/dia <sup>-1</sup> )	Peso (kg/mês <sup>-1</sup> )	Preço médio de venda (R\$/kg <sup>-1</sup> )	Valor final (R\$)
Plástico	1,59	31,72	1,25 <sup>2</sup>	39,65
Papel	1,44	28,88	0,35 <sup>2</sup>	10,11
Tetra Pak	0,26	5,10	0,20 <sup>1</sup>	1,02
Alumínio	0,26	5,24	3,40 <sup>3</sup>	17,82
Total	-	-	-	68,59

<sup>1</sup>CEMPRE (2018); <sup>2</sup>BVRio (2015) e Associação dos Catadores de Vitória ES.

Fonte: De autoria própria (2018)

Na Tabela 2.1, observa-se que, em relação ao resíduo seco/seco, todos os fatores estudados (intervenção, séries e curso) não apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, ou seja, independente da intervenção, de qual série do ensino médio ou do curso analisado, os alunos não destinaram os resíduos secos à lixeira correta. O observado se deve, provavelmente, ao fato de os alunos não terem entendido ou continuaram com dúvida sobre o que são resíduos secos.

Ao se tratar dos resíduos úmido/úmido, a Tabela 2.2 nos mostra que os fatores intervenção e série obtiveram diferença significativa ao nível de 5%. Porém, em relação ao curso, não apresenta diferença significativa ao nível de 5%, isto é, após a intervenção, os alunos destinaram os resíduos úmidos à lixeira correta, mostrando que eles entenderam o que é resíduo úmido e quanto maior foi série do aluno, melhor foi o resultado encontrado. Entretanto não houve diferença significativa entre os cursos, ambos descartam os resíduos de forma semelhante, demonstrando que tanto o curso técnico em Meio Ambiente quanto o

de Florestas entenderam o que são os resíduos úmido, descartando-os de forma correta.

O descarte correto dos resíduos secos e úmidos se deve possivelmente ao nível de conhecimento e sensibilização dos alunos envolvidos. Para Nascimento *et al.* (2014), a falta de informação e conscientização do ser humano tem relação direta com ato de descartar um produto, uma embalagem ou qualquer tipo de resíduo. A dificuldade dos estudantes na separação dos resíduos também é explicada por Marques *et al.* (2013) e Zago *et al.* (2014), que debatem o descaso das pessoas, funcionários, alunos e demais atores, e apontam o risco de os resíduos previamente separados para coleta seletiva serem misturados novamente e terem o mesmo destino do lixo comum.

**Tabela 2.2** — Análise de variância para cada um dos fatores e variáveis estudados

Fatores estudados	GL	p valores encontrados					
		Seco/Seco	Úmido/Úmido	Resíduos na Lixeira	Desorganização das Carteiras	Resíduo sob a Carteira	Resíduos no Chão
Intervenção (antes/depois)	1	0,0537	0,0209*	0,0042*	0,0089*	0,0254*	0,0215*
Séries (1ª, 2ª, 3ª e 4ª)	3	0,5061	0,0005*	0,0387*	0,0033*	0,0045*	0,0089*
Curso (MA <sup>1</sup> e FL <sup>2</sup> )	1	0,1660	0,2897	0,4798	0,0026*	0,0007*	0,0002*

\*Significativo para 5% pelo teste de Tukey. <sup>1</sup>MA – Meio Ambiente e <sup>2</sup>FL – Floresta.

Fonte: De autoria própria (2018)

Pela Tabela 2.2 percebe-se que, em relação aos resíduos descartados na lixeira, a intervenção e as séries alcançaram valores significativos ao nível de 5%, o que não aconteceu com o fator curso. Isso esboça que os alunos diminuíram a geração de resíduo após a intervenção e também, quanto maior for a série, menor a geração de resíduo, indicando que a educação formal é acumulativa. Contudo a diferença entre os cursos estudados sugere a interpretação de que ambos tendem a gerar a mesma quantidade de resíduo.

A diminuição na geração dos resíduos pode ser atribuída a uma nova percepção adquirida pelo aluno após a intervenção e também no decorrer do ensino médio, conhecimentos que auxiliam na necessidade de diminuir a geração de resíduos. Ferreira (2008) afirma que a essência do consumo sustentável é criar uma consciência ecologicamente seletiva, desenvolvendo hábitos de consumo mais responsáveis e isso se dá através da transmissão de conhecimento sobre ações de educação ambiental.

No tocante à desorganização das carteiras, todos os itens estudados (intervenção, séries e curso) (Tabela 2.2) obtiveram diferença significativa ao nível de 5%. Entende-se que, após a intervenção e quanto mais avançada for a série, menor a desorganização das carteiras, já em relação ao curso existe uma diferença: o curso de Floresta deixou a sala mais desorganizada que o curso de Meio Ambiente.

É provável que a organização das carteiras tenha relação com a atividade proposta pelo professor, contudo cabe ao aluno retornar a carteira para o seu devido lugar. Basílio (2017) afirma que a disposição da sala de aula, incluindo a organização das carteiras, tem relação direta com a proposta educacional do professor, cabendo a ele, no final da aula, pedir para que os alunos organizem a sala.

Com relação aos resíduos sob a carteira (Tabela 2.2), observa-se que todos os fatores analisados apresentaram diferença significativa para 5%. Detectou-se que, após a intervenção e quanto maior for a série, menor a quantidade de resíduo deixado sob a cadeira, porém os alunos do curso de Floresta deixaram mais resíduos sob a carteira em relação aos alunos de Meio Ambiente.

Verificou-se que os todos os fatores analisados em relação à variável resíduos no chão, apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, ou seja, após a intervenção e quanto maior for a série, menos resíduos foram jogados no chão, contudo os alunos de Floresta jogaram mais resíduos no chão comparado com os alunos de Meio Ambiente.

Destaca-se que o fato de os alunos jogarem o lixo no chão ou deixá-lo sob as carteiras se deve possivelmente ao mau hábito ou simplesmente à procrastinação de ir até a lixeira. Porém esse costume tende a mudar após uma sensibilização dos alunos e também ao longo das séries do ensino médio, em que o aluno se torna mais consciente

e descarta seus resíduos no lugar correto (CRUZ; BAREIRO, 2013). Segundo Marques (2018), muitas pessoas não veem problema em jogar lixo no chão se depois alguém vai recolher. Pode-se dizer, então, que as pessoas até sabem da importância de jogar o lixo na lixeira, mas não entendem que essa obrigação seja sua.

Por este estudo ter apresentado o diagnóstico dos resíduos gerados no Ifes *Campus* Ibatiba, espera-se que os resultados auxiliem na criação de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos ou na implantação de coleta seletiva no *campus*. Uma vez que o diagnóstico é uma etapa fundamental para elaboração do plano e também para o planejamento de ações de educação ambiental.

Para Albuquerque *et al.* (2010), a implantação de um programa de gerenciamento adequado de resíduos sólidos necessita, acima de tudo, de um público instruído e disposto a participar do processo. Para que isso aconteça, torna-se indispensável que comecem a incorporar os princípios e práticas da sustentabilidade, seja para iniciar um processo de conscientização em todos os seus níveis, atingindo professores, funcionários e alunos, e a comunidade de modo geral, seja para tomar decisões fundamentais sobre planejamento, treinamento, operações ou atividades comuns em suas áreas físicas em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos.

### 3 Considerações finais

Os dados deste trabalho permitiram chegar às seguintes conclusões:

Sugere-se a implantação da coleta seletiva no Ifes *Campus* Ibatiba, em observância ao Decreto Federal nº 5.940 de 2006, como uma maneira de atender à legislação e também de sensibilizar os estudantes, servidores e terceirizados sobre o problema dos resíduos sólidos e incentivá-los a implantar a coleta seletiva em suas casas;

Conhecer o percentual médio de resíduos sólidos gerados, sua tipologia e quantificação, auxiliam na criação de um plano de ações voltado à gestão dos resíduos sólidos gerados na Instituição;

A instituição gera uma quantidade de resíduo orgânico, plástico e papel cerca de 30% de cada um. Nota-se também uma quantidade grande de resíduos encaminhados aos aterros que são potencialmente passíveis de reutilização, reciclagem e compostagem, porém vale destacar que isso não ocorre pelo fato de os resíduos estarem contaminados por resíduos orgânicos devido à maneira inadequada que são depositados, armazenados e coletados;

Se os resíduos com potencial reciclável fossem comercializados, haveria um ganho econômico de aproximadamente R\$ 68,00 em um mês letivo e também ganhos ambientais, uma vez que, com a venda desses produtos, eles deixariam de ir para nos aterros e também serviriam de matéria-prima secundária, gerando emprego e renda em cooperativas e associações;

Após a realização da intervenção e quanto mais avançado for o aluno em sua série, observa-se que esses tendem a melhorar quanto à segregação dos resíduos, na diminuição da geração de resíduos, na organização da sala e na redução dos resíduos sobre as carteiras e no chão. Principalmente quando se incentiva e, ao mesmo tempo, cobra que o aluno faça sua parte, mas para isso tem que haver uma cooperação tanto da administração quanto dos professores que lidam direto com os alunos.

Em relação aos cursos, ambos tendem a não realizar a segregação corretamente, geram aproximadamente a mesma quantidade de resíduo, porém os alunos do curso de Floresta tendem a deixar a sala mais desorganizada, com resíduos sobre as carteiras e no chão se comparados com os alunos do curso de Meio Ambiente. Isso se deve possivelmente ao fato de os alunos do curso de Meio Ambiente estarem mais sensibilizados com a temática dos resíduos sólidos.

Por meio do presente estudo, pode-se concluir que existe uma necessidade de desenvolver um programa de Gestão de Resíduos Sólidos junto à comunidade acadêmica. Ações como a realização de treinamentos, palestras, seminários de sensibilização e educação ambiental, contribuíram para a implantação de uma coleta seletiva e correta destinação dos resíduos gerados.

## 4 Recomendações

Os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento deste estudo devem ser ampliados com as seguintes recomendações:

- Realizar análises quali-quantitativas ao longo de um ano letivo para que possa observar a variação dos resíduos sólidos gerados no *campus*;
- Propor mais ações educativas para que os alunos e demais funcionários incorporem no seu dia a dia na instituição a correta segregação dos resíduos sólidos e ajudem a manter um ambiente limpo e organizado;
- Monitoramento para analisar a segregação dos resíduos.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, B. L. *et al.* Gestão de resíduos sólidos na Universidade Federal de Santa Catarina: os programas desenvolvidos pela coordenadoria de gestão ambiental. *In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO UNIVERSITÁRIA NA AMÉRICA DO SUL*, 10., 2010, Mar del Plata. **Anais [...]** Mar del Plata, 2010.

AMARAL, S. S. W. *et al.* Análise estatística de dados de medidas repetidas provenientes de um experimento para avaliar a qualidade pós-colheita de banana Prata-Ana. *In: SEMANA ACADÊMICA DA MATEMÁTICA*, 25., 2010, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba, p. 31-37, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2004. 21p.

BASÍLIO, A. L. **Organização da sala de aula deve mudar conforme intenção pedagógica**. Centro de Referências em Educação Integral, 2017. Disponível em: <http://porvir.org/organizacao-da-sala-de-aula-deve-mudar-conforme-intencao-pedagogica/>. Acesso em: 26 jul. 2018.

BEZERRA, V. L. **Educação ambiental para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares**: Uma Análise Diagnóstica. 2015. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Educação - Formação

Educacional Interdisciplinaridade) – Universidad Autónoma del Sur, Asunción, 2015.

BRASIL. Decreto n.º 5.940, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5940.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5940.htm). Acesso em: 20 jun. 2018.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9,605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras competências. Ministério do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BVRIO. Índice **BVRio de Materiais Recicláveis**. 2018. Disponível em: <https://www.bvrio.com/embalagem/venda/relatorioFisico.do>. Acesso em: 21 jun. 2018.

CARVALHO, F. C. **Análise da coleta seletiva em um campus universitário**: a percepção ambiental dos discentes na Universidade Federal de Lavras. 2015. 159 p. Dissertação (Mestrado Profissional

em Tecnologias e Inovações Ambientais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; DEEKE, V. Implantando Práticas Sustentáveis nos Campi Universitários: a proposta do “escritório verde” da UTFPR. **Revista Educação e Tecnologia**, Curitiba, n. 9, 2009.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Mercado. **Preço do Material Reciclável**. Disponível em: <http://cempre.org.br/servico/mercado>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CRUZ, G. A.; BAREIRO, E. A percepção ambiental sobre os efeitos da poluição pelos alunos do ensino fundamental do bairro Santa Quitéria - Curitiba/PR. *In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS URBANOS: A DINÂMICA DAS CIDADES E A PRODUÇÃO DO ESPAÇO*, 2., 2013, Paraná. **Anais [...]** Universidade Estadual do Paraná, Paraná, 2013.

FEITOSA, A. K.; BARDEN, J. E.; KONRAD, O. Estimativa do ganho econômico com material reciclável a partir de resíduos sólidos domiciliares. **Revista Educação Ambiental em Ação**, Juazeiro do Norte/CE, n. 62, dez. 2017-fev. 2018.

FERNANDES, D. N. O Gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos na comunidade do Prado, bairro do Catolé, Campina Grande/PB. **OKARA: Geografia em debate**, v. 3, n. 2, p. 325-335, 2009.

FERREIRA, R. C. Educação Ambiental e Coleta Seletiva do Lixo. **Centro Educacional de Educação a Distância – CENED**, 2008. Disponível em: <http://www.cenedcursos.com.br/meio-ambiente/educacao-ambiental-e-coleta-seletiva-do-lixo/>. Acesso em: 30 jul. 2018.

FINKLER, N. R.; PANNIZON, T.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos comuns gerados na Universidade de Caxias do Sul – RS e comparação com outras

instituições de ensino superior. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE BENTO GONÇALVES, 4., 2014, Bento Gonçalves. **Anais [...]** Bento Gonçalves, 2014.

GREGO, T. I.; SCHOENHALS, M. **Análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos urbanos gerados em Marília/SP**. 2010. 9 f. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marília/SP, 2010.

JULIATTO, D. L.; CALVO, M. J.; CARDOSO, T. E. Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior. **Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL**, v. 4, n. 3, p. 170-193, 2011.

MADEIRA, D. J. S.; MARTINELLI, M. A. B. **Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Medianeira**. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

MARQUES, L. Y. Por que separar o lixo é tão difícil? **Justificando**, 2018. Disponível em: <http://justificando.cartacapital.com.br/2018/06/29/por-que-separar-o-lixo-e-tao-dificil/>. Acesso em: 27 jul. 2018.

MARQUES, S. *et al.* Plano de coleta seletiva com base na análise quantitativa e qualitativa dos resíduos gerados em uma Instituição de Ensino Técnico e Superior. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Anais [...]** Salvador, 2013.

NASCIMENTO, L. F. *et al.* Do consumo ao descarte de produtos e embalagens: estamos alienados? **Revista de Administração da UFSM**, v. 7, n. 1, p. 33-48, 2014.

OLIVEIRA, J. F. *et al.* Experimento fatorial fracionado em parcelas sub-subdivididas: uma aplicação didática. **Revista da Estatística da**

**Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n. 3, p. 470-4, 2014.

OLIVEIRA, P. N.; LIBEL, C. B.; ROSA, L. F. A coleta seletiva solidária integrando Universidade, escola e catadores de material reciclável em São Gabriel (RS). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 11, n. 2, p. 357-372, 2016.

PENNA, L. F. R.; FRANKLIN, A. G. C.; CUNHA, D. M. **Análise qualitativa dos resíduos sólidos gerados no Instituto Federal de Educação de Minas Gerais, campus Governador Valadares – MG**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

VITORINO, K. M. N. A Educação Ambiental na Redução da Quantidade de Lixo Domiciliar Gerada – Um Estudo de Caso. *In*: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro. **Anais [...]** Porto Seguro, 2000.

ZAGO, V. C. P. *et al.* Análise da percepção dos servidores administrativos (*Campus II*) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais sobre o programa de coleta seletiva solidária. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 42., 2014, Juiz de Fora. **Anais [...]** UFJF, Juiz de Fora, 2014.

## CAPÍTULO 3

### GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS: DESAFIOS E PROPOSTAS PARA ADEQUAÇÃO À POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Isabella Macedo Menezes

Marcos Paulo Gomes Mol

#### Introdução

Como ambientes de ensino e aprendizado, Instituições de Ensino Superior (IES) são importantes instituições que atuam na formação e capacitação do seu público, consideradas exemplos para a sociedade, sendo esperado que tenham responsabilidades e obrigações em relação à proteção ambiental (VEGA *et al.*, 2003, p. 295). O primeiro compromisso oficial divulgado no âmbito internacional do ambiente universitário com a sustentabilidade foi feito em 1990, na Conferência Internacional de Talloires, na França, na qual cerca de 500 IES de mais de 50 países diferentes, dentre eles o Brasil, se comprometeram em incorporar o tema sustentabilidade em seus programas de ensino, pesquisa e operação (ULSF, 1990, p. 1).

Um dos compromissos firmados na conferência está relacionado à implementação de programas de reciclagem nos ambientes

universitários (ULSF, 1990, p. 1). Entretanto, apenas em 1992, com a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento que ocorreu no Rio de Janeiro (Rio 92), instituiu-se a Agenda 21, que agregou importância ao tema meio ambiente e, dessa forma, passou a se considerar, no Brasil, uma perspectiva de cooperação entre a sociedade, o meio acadêmico, o governo e o setor produtivo, que começaram a atuar na melhoria da qualidade do meio ambiente (PINTO-COELHO, 2009, p. 15).

Segundo Tauchen e Brandli (2006, p. 505), as IES funcionam como pequenos núcleos urbanos que desenvolvem atividades de ensino, pesquisa, extensão, além de prover serviços comerciais, de alimentação, alojamento, dentre outros. Portanto, a elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é uma maneira das IES demonstrarem seu comprometimento com as questões ambientais, incluindo a gestão adequada de resíduos sólidos.

Porém, inicialmente, a concepção empresarial de que lucro e meio ambiente eram incompatíveis foi um obstáculo para a implementação dos SGA em empresas e indústrias que, mais tarde, passaram a compreender que o uso de tecnologias ambientais poderia gerar redução de custos, com racionalização de insumos e redução de desperdícios (MAY, 2018, p. 186).

De 1992 até os dias de hoje e, especialmente na primeira década do século XXI, muitas publicações científicas foram feitas a partir de análises da Gestão Ambiental e de Resíduos em IES, com especial foco sobre a gestão de resíduos de saúde, biológicos e químicos, gerados especialmente em laboratórios dessas instituições, como pode ser visto em Alberguini *et al.* (2002, p. 291), Pacheco e Hermais (2003, p. 14) e Imbroisi *et al.* (2006, p. 404).

Apesar desses avanços, a gestão de resíduos sólidos no Brasil apenas foi regulamentada em 2010, com a publicação da Lei nº 12.305, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010). A PNRS determina diversos princípios relativos à gestão integrada de resíduos sólidos no país e estabeleceu metas, com prazos estipulados para a implementação de soluções no que diz respeito à reutilização e reciclagem, eliminação e recuperação dos lixões, elaboração de

programas e projetos envolvendo a gestão de resíduos, dentre outros (MOURA *et al.*, 2018, p. 3).

A Lei nº 12.305 também estabeleceu os requisitos para elaboração dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, e institui o respeito às diversidades locais e regionais quanto à aplicação da política, respeitando as particularidades de cada estado e município e o direito da sociedade à informação completa e atualizada de implementação desses planos (BRASIL, 2010; MACHADO, 2012, p. 33).

Apesar de estudos científicos sugerirem um aumento do engajamento de IES em estabelecer programas de gestão de todos os resíduos sólidos gerados em suas unidades, as IES comumente apresentam irregularidades na implementação de seus programas e, conseqüentemente, cumprimento precário da legislação. Somado a isso, apesar da PNRS já ter alguns anos de vigência, as fiscalizações e aplicações de sanções pelo Estado referentes ao descumprimento da lei por parte de todos os responsáveis pela gestão dos resíduos (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e municípios) ainda têm se mostrado pouco efetivas e estão sendo substituídas por extensões de prazos para a adequação à lei (BRASIL, 2010; MOURA *et al.*, 2018, p. 14).

Dessa forma, neste estudo, foi avaliada a hipótese de que a recente conscientização em relação aos problemas ambientais gerados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos também afeta as IES que, por falta de engajamento e envolvimento de toda a comunidade acadêmica, desde a alta direção, até os alunos, corpo docente e demais funcionários, em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos de suas instituições, ainda não conseguem cumprir com todos os requisitos da PNRS. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a existência e adequação de Programas de Gestão de Resíduos de Instituições de Ensino Superior à Política Nacional de Resíduos Sólidos através de uma revisão da literatura.

## 1 Metodologia

A metodologia aplicada no trabalho foi de pesquisa qualitativa de natureza básica, já que analisou as informações dispostas de uma forma organizada, mas intuitiva, para a interpretação de um contexto e tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (POLIT *et al.* 2004, p. 17; GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 34).

A coleta de dados foi feita a partir de pesquisas bibliográficas em livros, relatórios, Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, artigos científicos, legislações e normas vigentes. A coleta foi feita através de pesquisas no Google Acadêmico e sites institucionais de universidades entre os meses de março e maio de 2021. Foram utilizadas palavras-chave como “gestão de resíduos em IES”, “gestão de resíduos em universidades brasileiras” e “gestão de resíduos em universidades e a PNRS” tanto em português quanto em inglês.

A partir dessa pesquisa, foram selecionados artigos que foram utilizados como base de dados para descrever o panorama mundial de gestão de resíduos ao longo do tempo, e os artigos, o relatório e o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos sobre a realidade das IES brasileiras foram utilizados para a avaliação da gestão de resíduos sólidos e sua adequação à PNRS.

Foram selecionados sete artigos, um relatório e um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos contendo dados qualitativos e/ou quantitativos referentes à coleta e destinação de resíduos sólidos nos *campi* analisados e avaliações quanto aos desafios para o funcionamento adequado de sua gestão. Foram feitas exposições dos cenários analisados através de tabelas e estabelecidas relações entre as variáveis através de texto descritivo.

## 2 Resultados e Discussões

Foram incluídos neste trabalho de revisão sete artigos sobre a gestão de resíduos sólidos de sete Instituições de Ensino Superior

brasileiras diferentes, além de um Relatório Anual de Sistema de Gestão Ambiental de uma universidade e um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de outra. O número de trabalhos sobre esse tipo de diagnóstico em IES ainda é pequeno. Grande parte dos trabalhos encontrados durante a pesquisa sobre o tema trata de iniciativas pontuais nas universidades, especialmente em relação a resíduos sólidos de saúde, químicos ou industriais gerados nos laboratórios e hospitais de universidades, sem levar em consideração a geração global de resíduos dos *campi* para a análise.

A partir dos artigos e documentos selecionados, analisou-se a existência ou não de um SGA ou Sistema de Gestão de Resíduos (SGR) nas IES e os desafios encontrados para se alcançar a destinação correta deles (Tabela 3.1), além da destinação dada aos resíduos gerados no *campus* (Tabela 3.2).

**Tabela 3.1** — Análise da de SGAs nas IES e dos desafios apresentados pelos autores para implementação e manutenção deles

(continua)

Autores/ Ano do artigo	IES analisada	Cidade/ Estado	Presença de SGA	Desafios para implementação/ funcionamento
Gonçalves et al. (2010)	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Francisco Beltrão/PR	A implementação do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos e seu respectivo PGRS foi iniciado em 2009.	Necessidade de maiores ações de treinamento e sensibilização de professores, alunos, técnicos-administrativos e da alta administração, para melhoria dos índices de reciclagem, além de manutenção constante dessas ações, a fim de evitar afastamento gradual da comunidade universitária do projeto.

(continua)

Autores/ Ano do artigo	IES analisada	Cidade/ Estado	Presença de SGA	Desafios para implementação/ funcionamento
Oliveira e Amorim (2010)	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) - Campus Coração Eucarístico	Belo Horizonte/ MG	O campus possui um Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais (PGR-SE), aprovado em 2003, que integra o Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde (PGRSS) da PUC Minas.	Ausência de uma equipe técnica qualificada e responsável pela elaboração e implementação de um Sistema de Gestão Ambiental.
Albuquerque et al. (2010)	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Florianópolis/SC	Quatro projetos de gestão de resíduos são desenvolvidos na UFSC pela Coordenadoria de Gestão Ambiental: gerenciamento de resíduos sólidos secos, gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos, gerenciamento de resíduos sólidos do sistema da saúde e gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes.	Desenvolvimento de programas de educação ambiental, com ênfase principalmente na coleta seletiva, que atinjam professores, funcionários, alunos, e a comunidade de modo geral, a qual contribuiria na correta destinação final dos resíduos e a incorporação de princípio da sustentabilidade em relação ao planejamento, treinamento e operações relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos no campus.
Costa et al. (2004)	Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)	Campina Grande/PB	Inexistente	Educação ambiental como principal desafio, já que, para se atingir bons resultados, a participação da comunidade acadêmica é imprescindível.

(continua)

Autores/ Ano do artigo	IES analisada	Cidade/ Estado	Presença de SGA	Desafios para implementação/ funcionamento
Nardy et al. (2010)	Anhanguera Educativa	Taubaté/ Santo André/ Leme/ Piracicaba/ Limeira/ Indaiatuba- SP	A Instituição possui um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) que propõe minimizar a quantidade de resíduos de saúde gerados e gerenciar a qualidade na sua geração, com o intuito de reduzir os riscos oferecidos aos agentes e comunidade envolvidos.	Manter a disciplina “Responsabilidade Social e Meio Ambiente” em todas as matrizes curriculares da IES, e promover constantemente a revisão de seu plano de curso, além de promover capacitação de todos os agentes interessados na implementação do SGA (toda a comunidade acadêmica) para um comprometimento dos mesmos com as melhorias ambientais na Instituição e atendimento da mesma à PNRS.
Acre et al. (2018)	Fatec – Nilo de Stéfani	Jaboticabal/ SP	Inexistente	Implementação de sinalização adequada de lixeiras coletoras de resíduos recicláveis e educação ambiental dos alunos e treinamento dos funcionários para que o acondicionamento e descarte dos resíduos sejam realizados de maneira mais eficiente.
Universidade do Vale do Rio dos Sinos- Relatório Anual de SGA (2019)	Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	São Leopoldo/ Porto Alegre - RS	A Universidade é certificada pela Norma ABNT ISO 14001. O Campus Unisinos São Leopoldo é certificado desde dezembro/2004 e Campus Unisinos Porto Alegre (Torre Educacional e Espaço Unisinos) desde novembro/2018.	Até o final do ano de 2018, a coleta dos resíduos no campus de São Leopoldo era realizada diariamente por uma cooperativa de catadores. No campus de Porto Alegre, o recolhimento dos resíduos ocorria conforme cronograma de coleta do Departamento Municipal de Limpeza Urbana. Para atender à demanda da nova estrutura operacional da Universidade e para melhorar o gerenciamento da destinação e controle dos resíduos gerados, em 2019, a Unisinos contratou empresa especializada e licenciada para proceder o recolhimento diário dos resíduos sólidos domésticos nos campi.

(conclusão)

Autores/ Ano do artigo	IES analisada	Cidade/ Estado	Presença de SGA	Desafios para implementação/ funcionamento
Nolasco et al. (2020)	Faculdade UnB Planaltina (FUP)	Brasília - DF	Em implementação. Em 2016, a realização de um diagnóstico da gestão de resíduos no campus deu origem ao grupo Recicla FUP, que visa à implementação de um plano de gestão de resíduos sólidos na FUP e promove educação ambiental na comunidade acadêmica a partir de projetos de extensão.	Falta de motivação pessoal dos alunos para participarem da coleta seletiva, a falta de conhecimento sobre como fazer o descarte seletivo de resíduos e a necessidade de institucionalizar as ações dos projetos de extensão.
Universidade de São Paulo – Campus Leste (2017)	Universidade de São Paulo (USP Leste)	São Paulo - SP	A Superintendência de Gestão Ambiental da USP, criada em 2012, iniciou, em 2014, o processo de elaboração da Política Ambiental da USP. A Resolução nº 7465, de 11 de janeiro de 2018 instituiu a Política Ambiental da Universidade de São Paulo que, dentre outros, inclui as Políticas Ambientais Temáticas, o Plano de Gestão Ambiental da USP, os Planos Diretores Ambientais e Programas Ambientais.	Criação de uma equipe de coordenação e monitoramento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da USP Leste, desenvolvimento de uma plataforma de controle e monitoramento qualitativo e quantitativo dos resíduos e de indicadores de avaliação de desempenho, implantação de um programa contínuo de capacitação, comunicação e difusão dos problemas associados à geração e ao incorreto manejo de resíduos, aprimoramento da forma de acondicionamento e armazenamento temporário de cada tipo de resíduo, adequação de abrigo para armazenamento de resíduos biológicos, criação de programa experimental de valorização de resíduos, promoção de melhorias no gerenciamento dos contratos com as empresas que realizam o transporte externo e disposição final dos resíduos e obtenção de cadastro de movimentação de resíduos para controle sobre o transporte e a destinação final de resíduos de construção civil.

Fonte: De autoria própria (2021)

**Tabela 3.2** — Resíduos gerados nas IES analisadas e destinação dada  
(continua)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Francisco Beltrão	✓	✓	✓	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): revendedores</p> <p>Classe I (químicos e infectantes biológicos): empresa licenciada</p> <p>Classe II A orgânicos: serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe II B recicláveis: reciclagem</p> <p>Classe II B rejeitos: serviço de limpeza municipal</p>
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) - Campus Coração Eucarístico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): empresa licenciada</p> <p>Classe I infectantes biológicos: serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe I químicos: empresa licenciada</p> <p>Classe II A orgânicos: serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe II B recicláveis: comércio/reciclagem</p> <p>Classe II B rejeitos: Aterro Sanitário Licenciado</p>

(continua)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	✓	✓	✗	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): empresa licenciada</p> <p>Classe I infectantes biológicos: empresa licenciada</p> <p>Classe I químicos: não especificado</p> <p>Classe II A orgânicos: compostagem</p> <p>Classe II B recicláveis: serviço de limpeza urbana/reciclagem</p> <p>Classe II B rejeitos: serviço de limpeza urbana</p>
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)	✗	✓	✗	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): não especificado</p> <p>Classe I infectantes biológicos: lixão</p> <p>Classe I químicos: não especificado</p> <p>Classe II A orgânicos: lixão</p> <p>Classe II B recicláveis: lixão</p> <p>Classe II B rejeitos: lixão</p>

(continua)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Anhanguera Educacional	X	✓	✓	✓	✓	X	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): não especificado</p> <p>Classe I infectantes biológicos e químicos: não especificado (gerenciados por meio de PGRS)</p> <p>Classe II A orgânicos: não especificado</p> <p>Classe II B recicláveis: reciclagem/ serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe II B rejeitos: não especificado</p>
Fatec Jaboticabal – Nilo de Stéfani	X	✓	✓	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): não especificado</p> <p>Classe I infectantes biológicos/químicos: armazenamento na IES</p> <p>Classe II A orgânicos: serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe II B recicláveis: serviço de limpeza urbana</p> <p>Classe II B rejeitos: serviço de limpeza urbana</p>

(continua)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (lâmpadas fluorescentes e/ou com vapor de mercúrio inservíveis): empresa licenciada</p> <p>Classe I infectantes biológicos (resíduos de serviço de saúde): empresa licenciada</p> <p>Classe I químicos (laboratoriais, administrativos e efluentes químicos): empresa licenciada e Estação de Tratamento de Efluentes da universidade (efluentes químicos)</p> <p>Classe II A e II B (orgânicos e rejeitos domésticos): Aterro Sanitário Licenciado</p> <p>Classe IIA e IIB (óleo vegetal usado, gás refrigerante, compressores de ar-condicionado, resíduos de construção civil, resíduos eletrônicos, vegetação arbórea e arbustiva): empresa licenciada</p> <p>Classe II B recicláveis (plástico, metal, papel, vidros e outros resíduos secos): reciclagem</p>

(continua)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Faculdade UnB Planaltina (FUP)	X	X	✓	✓	✓	✓	<p>Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas): não especificado</p> <p>Classe I infectantes biológicos: não especificado</p> <p>Classe I químicos: empresa licenciada (geridos a partir de programa próprio – RESQUI)</p> <p>Classe II A orgânicos: alimentação animal e compostagem (escala piloto) – apenas resíduos do Restaurante Universitário. Resíduos orgânicos gerados em outras áreas do campus são coletados pelo serviço de limpeza urbana.</p> <p>Classe II B recicláveis: reciclagem</p> <p>Classe II B rejeitos: serviço de limpeza urbana</p>

(conclusão)

IES Analisada	Resíduos gerados (Classe NBR 10004/04)						Destinação
	Classe I perigosos (pilhas, lâmpadas)	Classe I infectantes biológicos	Classe I químicos	Classe II A orgânicos	Classe II B recicláveis	Classe II B rejeitos	
Universidade de São Paulo (USP Leste)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Classe I perigosos (pilhas, baterias, lâmpadas, cartuchos e toners): empresa licenciada e/ou logística reversa (cartuchos e toners). Reatores de lâmpadas fluorescentes ainda não possuem empresa destinadora homologada (armazenados aguardando homologação de empresa licenciada) Classe I infectantes biológicos: empresa licenciada Classe I químicos: empresa licenciada Classe II A orgânicos: Aterro Sanitário Licenciado, doação para fabricação de sabão (óleo vegetal) e reciclagem e aproveitamento energético (madeira da poda e capinagem de áreas verdes e madeira proveniente de obras). Classe II B recicláveis: reciclagem e empresa licenciada (cartões de plástico sem uso, resíduos eletroeletrônicos e resíduos de construção civil classe A) Classe II B rejeitos: Aterro Sanitário Licenciado

Fonte: De autoria própria (2021)

Em decorrência das inúmeras discussões sobre as questões ambientais nos últimos anos, diversos órgãos internacionais adicionaram às suas diretrizes requisitos para a implementação de SGA para empresas, visando reduzir os impactos ambientais provenientes de suas operações (MAY, 2018, p. 186). Desde então, especialmente na primeira década do século XXI, diversas publicações científicas têm enfatizado a importância das análises dos processos de gestão ambiental, com ênfase na gestão dos resíduos sólidos em IES, como pode ser notado nas publicações de Alberguini *et al.* (2002, p. 291), Pacheco e Hermais (2003, p. 14) e Imbroisi *et al.* (2006, p. 404).

Além disso, à medida que avança a implementação da ISO 14.001 em empresas de diversos setores em todo o mundo, avança também a preocupação de implementação de uma Gestão Ambiental pelas empresas e a preocupação com sua integração em todos os setores necessários ao desenvolvimento da política ambiental empresarial (DYLLICK, 2000 apud CORAZZA, 2003, p. 9).

Em seu item 6.1.2, “Aspectos Ambientais”, a Norma estabelece que o escopo do SGA de uma empresa deve contemplar gestão de rejeitos, incluindo a reutilização, recuperação, reciclagem e disposição. Ao contemplar esse requisito, a empresa estará automaticamente cumprindo o requisito 6.1.3 da Norma, “Requisitos Legais e outros Requisitos”, que exige ações para cumprimentos dos requisitos legais aplicáveis aos aspectos ambientais da empresa que, se tratando de resíduos, refere-se à PNRS especificamente (ABNT, 2015).

Sanches (2000, p. 77) destaca que o público tem se mostrado cada vez mais exigente diante das mudanças de valores e ideologias da sociedade, especialmente em relação à igualdade de oportunidades, à saúde, à segurança no trabalho e à proteção do meio ambiente, e isso tem pressionado as empresas (incluído IES) a incorporarem esses valores aos seus processos operacionais.

Apesar desses inúmeros avanços relatados nas últimas décadas, a gestão de resíduos sólidos no Brasil só foi regulamentada em 2010, com a publicação da Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010). Essa regulamentação, aparentemente, fomentou a publicação de trabalhos avaliando gestão

de resíduos em IES, como os analisados no presente trabalho, que mostrou como esse gerenciamento precisa ser trabalhado com mais foco e intensidade, visando superar os desafios existentes nessas instituições. A PNRS estabelece que todos os estabelecimentos geradores de resíduos sólidos são obrigados a elaborar um plano de gerenciamento e garantir seu cumprimento visando mitigar possíveis danos ambientais.

Dentre as nove Instituições avaliadas neste trabalho, apenas quatro já possuíam PGRS implementados em suas unidades no momento de publicação dos trabalhos. A Universidade Tecnológica do Paraná, a UFSC, a UNISINOS e a USP – Leste. Dentre essas, destaca-se a UNISINOS que, além de possuir PGRS, teve seu *Campus* Unisinos São Leopoldo certificado pela Norma ABNT ISO 14001 em 2014 e seu *Campus* Unisinos Porto Alegre (Torre Educacional e Espaço Unisinos) certificado em 2018, sendo a única Universidade avaliada a ser certificada (GONÇALVES *et al.*, 2010, p. 80; ALBUQUERQUE *et al.*, 2010, p. 9; USP, 2017, p. 1; UNISINOS, 2019, p. 18).

A UEPB e a Fatec Jaboticabal não possuíam nenhum tipo de programa até a data de publicação dos trabalhos, apesar de a UEPB gerar resíduo patogênico, o que a obrigaria a ter um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais (PGRSE) (COSTA *et al.*, 2004, p. 4; ACRE *et al.*, 2018, p. 1). A PUC e a Anhanguera possuíam apenas PGRSS e/ou PGRSE e executaram o estudo com o intuito de implementar um SGA completo em suas unidades (OLIVEIRA; AMORIM, 2010, p. 1; NARDY *et al.*, 2010, p. 33). A FUP, apesar de ainda estar em fase de implementação de seu SGA, já realizava gestão de seus resíduos químicos através de programa próprio, chamado RESQUI (NOLASCO *et al.*, 2020, p. 9).

Nenhuma das instituições analisadas cumpria as orientações da PNRS em sua totalidade. Apenas a UFSC relatou encaminhar a totalidade de seus resíduos orgânicos para a compostagem, premissa prevista pela política nacional (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010, p. 9). A FUP destinava uma pequena parcela de seus resíduos orgânicos provenientes de seu Restaurante Universitário para a compostagem (NOLASCO *et al.*, 2020, p. 16) e a USP destinava madeira da poda e capinagem de áreas verdes

e madeira proveniente de obras para reciclagem e aproveitamento energético (USP, 2017, p. 77).

No entanto, o restante dos resíduos orgânicos gerados no *campus* era destinado para Aterro Sanitário Licenciado (USP, 2017, p. 78). A UNISISNOS, apesar de certificada pela Norma ABNT ISO 14001, destinava seus resíduos orgânicos para Aterro Sanitário Licenciado (UNISINOS, 2019, p. 39). A Lei nº 12.305 determina que os resíduos devem ser avaliados quanto à viabilidade de não geração, reutilização e/ou recuperação, por inúmeros processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis antes de ser considerado rejeito e então ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Apesar de oferecer tratamento por compostagem aos seus resíduos orgânicos, a UFSC reciclava apenas 16% de seus resíduos sólidos secos, compostos majoritariamente por papéis e plásticos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010, p. 9). O restante era encaminhado diretamente para disposição final. A FATEC também destinava seus resíduos recicláveis para a disposição final e apenas 3 das 6 unidades avaliadas da Anhanguera Educacional realizavam coleta seletiva de papéis, plásticos, metais e vidros em seus *campi* (NARDY *et al.*, 2010, p. 49; ACRE *et al.*, 2018, p. 4). O destino dos resíduos orgânicos não foi especificado pelos autores, mas não foi mencionado encaminhamento para a compostagem.

A Universidade Estadual da Paraíba constatou que todos os seus resíduos, incluindo aqueles contendo material patogênico, eram encaminhados ao lixão localizado a 10 quilômetros do *campus*, o que caracteriza um grave descumprimento da legislação ambiental (COSTA *et al.*, 2004, p. 5). Os resíduos da Classe I da Anhanguera eram gerenciados por meio do PGRSS da Instituição, o que presume uma destinação ambientalmente adequada deles, apesar de ela não ter sido especificada pelos autores (NARDY *et al.*, 2010, p. 39). Já os resíduos da Classe I gerados na FATEC eram armazenados na IES, mas seu tratamento ou destinação não foram especificados (ACRE *et al.*, 2018, p. 5).

Dentre as metas estabelecidas pela Lei nº 12.305, está a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação

econômica de catadoras e catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis que, apesar da estigmatização social sofrida, protagonizam a coleta de materiais recicláveis no país (BRASIL, 2010; TEODÓSIO *et al.*, 2018, p. 10).

Além disso, a lei estabelece que os resíduos patogênicos devem passar por tratamentos, determinados pela CONAMA nº 358/2005 antes de serem encaminhados para a disposição final, o que não é descrito ou evidenciado nos trabalhos da Anhanguera e da FATEC (NARDY *et al.*, 2010, p. 39; ACRE *et al.*, 2018, p. 5). Já a PUC destina seus resíduos Classe I através do serviço de limpeza urbana, mas descreve tratamento prévio desses resíduos através da autoclavagem (CONAMA, 2005; OLIVEIRA; AMORIM, 2010, p. 1).

Conforme relatado nos artigos e documentos analisados, dentre as nove instituições avaliadas, sete apresentaram a educação ambiental como desafio para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental ou de resíduos em seus *campi*, já que muitas das etapas que envolvem a gestão, como coleta seletiva e segregação correta dos resíduos, dependem do envolvimento da comunidade acadêmica.

O processo de implementação de um sistema de gestão de resíduos sólidos em uma IES é complexo e exige um esforço integrado de toda a comunidade acadêmica, desde o setor jurídico, por exemplo, avaliando o contrato de empresas terceirizadas envolvidas com coleta e destinação final de resíduos, até o setor de compras, estabelecendo políticas de compras ambientalmente responsáveis para a instituição e o setor de pesquisa, integrando critérios ambientais em seus projetos desenvolvidos (CORRÊA, 2009, p. 51; CONTO, 2012, p. 110).

O esforço integrado de implementação de um SGA/SGR deve ser liderado e envolver comprometimento da alta liderança das IES que, segundo a Norma ISO 14.001, deve dirigir e apoiar as pessoas a contribuírem para a eficácia do SGA, assegurar que o sistema alcance os objetivos pretendidos e que seja apresentado à comunidade acadêmica no formato de prestação de contas pela eficácia dele.

Todas as IES apresentaram irregularidades em relação à Lei nº 12.305, desde a destinação de resíduos patogênicos sem tratamento

previsto prévio, ausência de PGRSE, até a destinação de resíduos orgânicos para aterro e destinação de resíduos para lixões.

Vale destacar que o Estado é um órgão indispensável no processo de fiscalização e penalização em relação ao cumprimento ou descumprimento desses requisitos e outros presentes na Lei, porém, quando se trata de políticas públicas brasileiras, o diálogo e a coordenação entre as instâncias de governo formuladoras de normas e diretrizes e as instâncias executoras é muito precário (MAIELLO *et al.*, 2018, p. 24; MOURA *et al.*, 2018, p. 9).

Vários prazos estabelecidos, como a extinção de lixões até 2014, não foram cumpridos, e novos prazos para a implementação da lei começaram a ser discutidos, com metas estabelecidas entre 2018 e 2021, de acordo com os portes dos municípios em questão. Tudo isso mostra que a aplicação da PNRS ainda está muito distante de cumprir seu objetivo principal, a proteção do meio ambiente (TEODÓSIO *et al.*, 2016, p. 30; MOURA *et al.*, 2018, p. 19).

### 3 Considerações finais

A conscientização ambiental em relação à destinação ambientalmente correta de resíduos sólidos ainda é recente, assim como sua regularização no Brasil, decretada em 2010 com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Somada à PNRS, normas internacionais, como a ISO 14.001, publicada em 2015, reforçam a necessidade e obrigatoriedade de implementação de SGA que atendam aos requisitos legais dos países de empresas certificadas.

Apesar das IES serem ambientes de ensino e de ser esperado pela sociedade que tenham responsabilidades e obrigações em relação à proteção ambiental, no Brasil, poucas universidades já implementaram um Sistema de Gestão Ambiental em seus *campi*, de modo que a maioria das ações em torno da sustentabilidade adotadas nessas instituições consistem em ações isoladas, que não levam em conta uma visão sistêmica para esses ambientes (BRANDLI *et al.*, 2015, p. 66). Somado a isso, o número de trabalhos avaliando a gestão de resíduos

em instituições de ensino brasileiras ainda é pequeno. No entanto, sabe-se que, apesar de não terem sido encontrados artigos realizando o diagnóstico de seu SGA, a Universidade de Campinas (UNICAMP) possui um Sistema de Gestão Ambiental. Seu Sistema teve implantação iniciada em 2011 (UNICAMP, 2011) e é coordenado pelo Grupo Gestor Ambiental (GGA) da Universidade, criado em 2006 pela Resolução GR-053/2006, de 11/10/2006 para implantar um Programa de Gestão Ambiental na universidade (UNICAMP, 2006).

Apesar da crescente mudança de valores e conscientização em relação à proteção ambiental por parte da população, a ineficiência da fiscalização e penalização por parte do Estado quanto ao descumprimento da PNRS e o constante adiamento de prazos para a adequação das instituições à lei deve ser avaliado com mais profundidade para se ter uma dimensão sobre sua função de estímulo à implementação dos sistemas de gestão dos resíduos sólidos em atendimento à norma.

Dado que a Lei nº 12.305 estabelece a responsabilidade compartilhada pela gestão de resíduos sólidos no país, é necessário o engajamento e comprometimento por parte de todos os setores envolvidos, geradores, fabricantes, comerciantes e estado, com suas respectivas responsabilidades legais, para que todas as deficiências na gestão de resíduos sólidos apontadas no trabalho sejam solucionadas. ACRE, F. G. *et al.* Caracterização dos resíduos sólidos gerados em uma instituição de ensino superior no município de Jaboticabal, SP. *In*: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1., 2018, Gramado. **Anais [...]** IBEAS Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Introdução à ABNT NBR ISO 14001:2015**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=345116>. Acesso em: 14 maio 2019.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 10004 - Resíduos sólidos** – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C. REZENDE, M. O. O. Laboratório de resíduos químicos do campus USP - São Carlos - Resultado da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

ALBUQUERQUE, B. L. *et al.* Gestão de resíduos sólidos na Universidade Federal de Santa Catarina: os programas desenvolvidos pela coordenadoria de gestão ambiental. *In*: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTIÓN UNIVERSITARIA EN AMERICA DEL SUR, 10., 2010, Mar del Plata, Argentina. **Anais [...]** Mar del Plata, 2010.

BRANDLI, L. L. *et al.* (2015). The Environmental Sustainability of Brazilian Universities: Barriers and Pre-conditions. *In*: LEAL FILHO, W.; AZEITEIRO, U. M.; CAEIRO. S.; ALVES, F. (ed.). **Integrating**

**Sustainability Thinking in Science and Engineering Curricula.**

Springer, Hamburg, p. 63-74, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09474-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09474-8_5). Acesso em: 4 ago. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama nº 358/05, de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305/10. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 2010.

CONTO, S. M. Gestão de resíduos em universidades. **Revista Rosa dos Ventos**, v. 4, n. 1, p. 110-3, 2010.

CORAZZA, R. I. Gestão Ambiental e Mudanças da Estrutura Organizacional. **RAE - Eletrônica**, v. 2, n. 2, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/raeel/a/3FjKXqF9Br7hm3dsRgp5p3j/?lang=pt>. Acesso em: 4 ago. 2019.

CORRÊA, L. B. **Construção de políticas para a gestão dos resíduos em uma instituição de ensino superior na perspectiva da educação ambiental.** 2009. 206 f. Tese (Doutorado em Educação Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Instituto de Educação, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2009.

COSTA, F. X. *et al.* Estudo qualitativo e quantitativo dos resíduos sólidos do Campus I da Universidade Estadual da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GONÇALVES, M. S. *et al.* Gerenciamento de resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 15, p. 79-84, 2010. Disponível em: [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/39](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/39). Acesso em: 4 ago. 2019.

IMBROISI, D. *et al.* Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 404-9, 2006.

MACHADO, P. A. L. Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista do Tribunal Regional Federal da 1ª Região**, v. 24, n. 7, p. 25-33, 2012.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018.

MAY, T. **Economia do Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 488 p.

MOURA, I. S. A. *et al.* **O papel fiscalizador do poder público na PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10**. 2018. 22 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Unibalsas, Maranhão, 2018. 22 pp.

NARDY, M. B. C.; CUNHA, M. E. G.; BICHARA, J. (2003) Análise de Processos em uma Instituição de Ensino Superior Visando a Implantação de um Sistema de Gestão Ambiental. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 13, n. 1, p. 14-21, 2003.

NOLASCO, E. *et al.* Characterization of solid wastes as a tool to implement waste management strategies in a university campus. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 22,

n. 2, p. 217-36, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2019-0358>

OLIVEIRA, B. C.; AMORIM, C. Diagnóstico e caracterização dos aspectos ambientais para implantação do sistema de gestão ambiental: caso PUC Minas *campus* Coração Eucarístico. In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO DA PUC MINAS, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais [...]** Belo Horizonte, 2010.

PACHECO, E. V. *et al.* Tratamento de Resíduos Gerados em Laboratórios de Polímeros: Um Caso bem-sucedido de Parceria Universidade-Empresa. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, v. 1, p. 14-21, 2003.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 1. ed. Belo Horizonte: Recóleo, 2009. 340 p.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem**: métodos, avaliação e utilização. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 487 p.

SANCHES, C. S. Gestão Ambiental Proativa. **Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 1, p. 76-87, 2000.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A. Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: Modelo para Implantação em Campus Universitário. **Gestão e Produção**, v. 13, n. 3, p. 503-15, 2006.

TEODÓSIO, A. S. S.; DIAS, S. F. L. G.; SANTOS, M.C.L. Procrastinação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: catadores, governos e empresas na governança urbana. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 30-33, 2016.

UNIVERSITY LEADERS FOR A SUSTAINABLE FUTURE. Report and Declaration of the Presidents Conference (1990). **Association of University Leaders for a Sustainable Future**, [20--]. Disponível

em: <http://ulsf.org/report-and-declaration-of-the-presidents-conference-1990>. Acesso em: 18 mar. 2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Edson Tomaz assume Grupo Gestor Ambiental da Unicamp. **Jornal da UNICAMP**, ano XXV, n. 492. Disponível em: [https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/maio2011/ju492\\_pag02.php#](https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2011/ju492_pag02.php#). Acesso em: 6 maio 2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Conselho Universitário. **Resolução GR-053/2006, de 11 de outubro de 2006**. Cria o Grupo Gestor Ambiental para elaborar e implantar um Programa de Gestão Ambiental para a Unicamp. Campinas: Conselho Universitário, 2006.

UNISINOS. **Relatório do Sistema de Gestão Ambiental**. Unidade de Apoio de Operação e Serviços Coordenação Administrativa, São Leopoldo, 47p., 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Campus Leste*. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – Campus USP**. Área Capital Leste, Grupo de Trabalho Ambiental (GT Ambiental) da EACH-USP, São Paulo, 230p, 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. USP institui Política Ambiental para os *campi*. **Jornal da USP**, 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=142347>. Acesso em: 6 maio 2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Conselho Universitário. **Resolução nº 7465, de 11 de janeiro de 2018**. Institui a Política Ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo: Conselho Universitário, 2018.

VEGA, C. A.; BENÍTEZ, S. O.; BARRETO, M. E. R. Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. **Resources Conservation & Recycling**, v. 39, p. 283-96, 2003.

# CAPÍTULO 4

## A COLETA SELETIVA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO-MG

Glauber Henrique Rodrigues Dias

Marcos Paulo Gomes Mol

### Introdução

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) podem causar diversos problemas se mal gerenciados, como a poluição ambiental, a transmissão de doenças infecciosas, as inundações e a poluição visual. Aspectos e impactos de programas de coleta seletiva de resíduos domésticos e de reciclagem em algumas cidades brasileiras são analisados como instrumentos de melhoria de qualidade ambiental, sendo parte dos problemas de qualidade ambiental associados aos RSU e às áreas de destino final destes (RUBERG *et al.*, 2000).

As etapas do gerenciamento dos RSU, que englobam desde a sua geração até sua disposição final, exigem soluções conjuntas entre os governantes e a sociedade (BRINGHENTI, 2004). Devido à destinação dos resíduos sólidos representarem um risco potencial à saúde pública e ao ambiente, são necessárias medidas para o seu correto gerenciamento, utilizando-se para isso os pressupostos da engenharia sanitária associados aos conteúdos da administração, da economia e

demais áreas afins, adotando-se técnicas mais adequadas de manejo e evitando custos elevados que inviabilizem a execução (BRINGHENTI, 2004).

Um dos principais requisitos para atingir uma gestão adequada e sustentável de RSU passa obrigatoriamente por um planejamento efetivo em que o diagnóstico do cenário atual desempenha um papel fundamental para o estabelecimento de estratégias e metas factíveis de médio a longo prazo (ABRELPE, 2016). Conforme apresentado pela ABRELPE (2016), no Brasil, o montante de resíduos sólidos urbanos coletados em 2016 foi de 71,3 milhões de toneladas, das quais 7 milhões não foram objeto de coleta. Apenas na região Sudeste do país, a quantidade de RSU coletados chegou ao total de 102.620 toneladas diárias.

Sobre a destinação final dos RSU, os dados da Abrelpe (2016) indicam que os municípios brasileiros destinaram para aterro sanitário 114.189 t/dia (58,4%), aterro controlado 47.315 t/dia (24,2%) e lixão 33.948 t/dia (17,4%), sendo que a destinação em aterro controlado e lixão não são considerados metodologias corretas, por prejudicar consequentemente o meio ambiente e trazer prejuízos à saúde pública. Sobre a destinação que os RSU gerados nos 1.668 municípios da região Sudeste geraram em 2016, 74.642 t/dia (72,7%) foram destinadas ao aterro sanitário, 17.750 t/dia (17,3%) em aterro controlado e 10.228 t/dia (10%) em lixões.

De forma geral, o Brasil apresenta condições insatisfatórias na disposição adequada dos RSU, sendo ainda crescente a geração de resíduos sólidos com o passar dos anos. Portanto, soluções como a coleta seletiva e reciclagem tornam-se cada vez mais necessárias, ainda que a abrangência desses sistemas esteja abaixo do esperado nos municípios brasileiros. A maior parte dos materiais encaminhados para a reciclagem origina-se da catação em lixões, aterros controlados e nas ruas, realizada muitas vezes por trabalhadores informais. A menor parte é obtida através de associações e cooperativas de coleta seletiva (ANDRADE; FERREIRA, 2011).

O cenário descrito serviu de embasamento para se dedicar ao estudo de caso do processo de consolidação da coleta seletiva no

município de Ouro Branco, localizado no estado de Minas Gerais. Diante dos diversos desafios mencionados até aqui, o município buscou avançar nas questões do saneamento através da elaboração do Plano de Saneamento Ambiental de Ouro Branco (PLANSOB), instituído pela Lei Municipal nº 1.887, de 22 de dezembro de 2011. Tal regulamentação tem por finalidade assegurar a proteção da saúde da população e a salubridade do meio ambiente urbano e rural, além de disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de saneamento ambiental do município.

A forma mitigadora proposta e que tem se desenvolvido no município de Ouro Branco-MG é a coleta seletiva visando à reciclagem. Segundo O'leary e Walsh (1999), reciclagem é o processo pelo qual resíduos são coletados, processados e remanufaturados ou reutilizados. Monteiro *et al.* (2001) definem reciclagem como sendo a separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e outros materiais, com finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis. Segundo Neiva (2001), o principal problema enfrentado para o crescimento da reciclagem dos diversos tipos de materiais é a inexistência ou a ineficiência de programas de coleta seletiva. Esses programas devem propiciar a separação dos resíduos, assegurando melhor qualidade dos materiais e facilitando a sua reciclagem.

No Brasil, uma das primeiras experiências de coleta seletiva ocorreu na cidade de Niterói, em abril de 1985, sendo este o primeiro projeto sistemático e documentado. A partir daí, um número cada vez maior de municípios passou a praticá-la, tendo sido identificados 82 programas de coleta seletiva em 1994, iniciados, de um modo geral, a partir de 1990 (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE, 1995).

Portanto, o presente artigo tem como objetivo analisar a aplicação da coleta seletiva na gestão de resíduos sólidos do município de Ouro Branco/MG, destacando os avanços e retrocessos ao longo dos anos a partir de registros históricos e dados sobre a geração de resíduos com

base no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Foram abordados os principais desafios encontrados pelos gestores na obtenção de resultados positivos e busca pela melhoria contínua no setor.

## 1 Metodologia

Este trabalho foi elaborado a partir de dados secundários. Utilizou-se o levantamento realizado periodicamente pela Secretaria de Meio Ambiente do município, relatórios de controle da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Ouro Branco (ASCOB) e dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Os componentes “resíduos sólidos” da base de dados do SNIS foram consultados. Como as informações são autodeclaradas, pode haver alguma inconsistência nos dados cadastrados.

Por meio do Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Ouro Branco – MG (PLANSOB-MG, 2011), obtiveram-se as informações necessárias para direcionar as análises, de forma a verificar se as atividades mais relevantes que devem ser desenvolvidas para alcançar a melhoria contínua na gestão dos resíduos sólidos foram alcançadas.

Para realizar a análise estatística, foi utilizado o *software* R, versão 3.4.2. As tabelas com os dados comparativos permitiram comparar os dados do município estudado, Ouro Branco, com outros municípios brasileiros ou mineiros. Foi realizado o teste de normalidade, por meio do teste de Shapiro-Wilk, e o teste de Mann-Whitney, recomendado para comparações entre variáveis não paramétricas. Todas as comparações foram realizadas com nível de confiança de 95%.

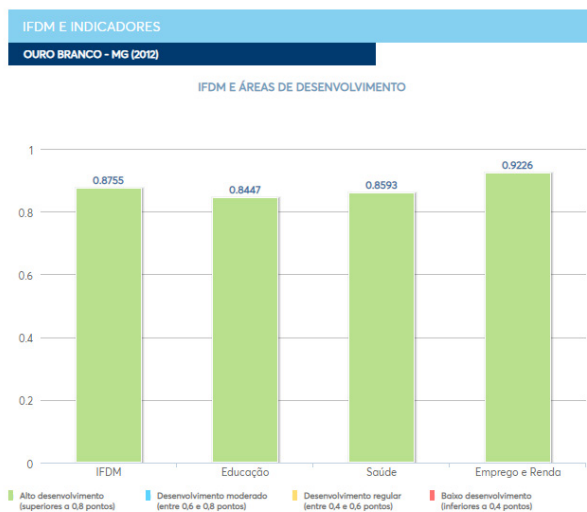
## 2 Resultados

### 2.1 Caracterização do local de estudo

O município de Ouro Branco pertence à mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil. De

acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui população estimada em 39.121 habitantes, com área territorial de 258.726 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A cidade ocupou a 2<sup>a</sup> posição no ranking das melhores cidades de Minas Gerais em 2012, como mostra o Gráfico 4.1.

**Gráfico 4.1** — Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) – 2012



Fonte: FIRJAN (2010)

Nota: IFDM – Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal.

## 2.2 Coleta seletiva solidária

A criação da Rede de Postos de Entrega Voluntária (RPEV) foi uma estratégia adotada pelo município e teve como principal finalidade colaborar com a promoção da manutenção da limpeza da cidade e aumentar a possibilidade de geração de emprego e renda para agentes ambientais, responsáveis pela coleta de recicláveis, além de proporcionar a descentralização dos pontos de descarte e flexibilidade de horários. Foi esperado melhorar a qualidade do material recolhido e diminuir o índice de rejeitos, além de facilitar a logística de recolhimento pelo serviço de limpeza pública.

Em visita à Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Ouro Branco (ASCOB), realizada em julho de 2018, obteve-se a informação de que a população do município ainda não contribui efetivamente para o processo de coleta seletiva, uma vez que houve registros de deposição de resíduos sólidos orgânicos e até mesmo dejetos de animais nos Postos de Entrega Voluntária (PEV). Em alguns lugares da cidade, os PEVs sofreram vandalismo, sendo os próprios profissionais da ASCOB os responsáveis pela manutenção delas, já que a Prefeitura apenas cedeu o espaço para coleta e adquiriu a estrutura para a Associação. Devido a esses fatores, o material reciclável que já deveria ser depositado sem a presença de outros resíduos nos PEVs é coletado e passa por triagem para retirar o resíduo sólido orgânico.

### 2.3 Dados sobre a gestão de resíduos em Ouro Branco

No registro de demandas do PLANSOB (2011), foram apontados vários problemas na gestão do município em relação aos resíduos sólidos urbanos, sendo mais frequentes: as reclamações devido à falta de coleta em diversos pontos da cidade; a necessidade de instalação de lixeiras públicas nas ruas; a falta de manutenção e limpeza nas lixeiras existentes; o entupimento de redes de drenagem devido ao carreamento de resíduos sólidos ao sistema; a ausência de pontos para coleta seletiva; a existência de catadores de recicláveis autônomos; e os próprios prestadores de serviços privados que procuram por materiais nas sacolas e as deixam abertas, facilitando o espalhamento e acesso dos animais.

A partir do mês de agosto do ano de 2014, o município de Ouro Branco passou a destinar seus resíduos domiciliares para o aterro sanitário, cumprindo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A operação do aterro sanitário, gerido pelo consórcio Ecotres, foi efetivada por meio da Autorização Provisória de Operação (APO) concedida pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente de Desenvolvimento Sustentável do Governo do Estado de Minas Gerais. Desde então, o aterro vem

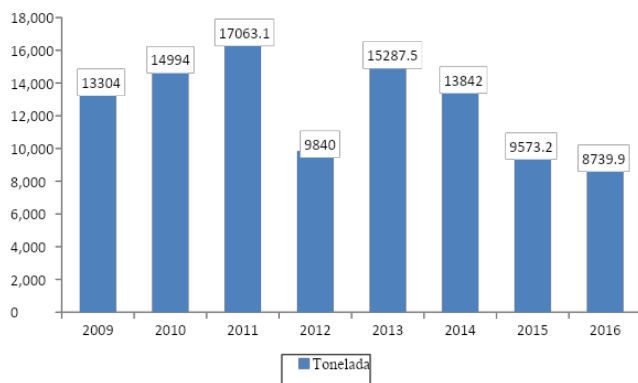
operando através da realização de atividades de disposição final dos resíduos sólidos urbanos (ECOTRES, 2022).

O Ecotres é o consórcio dos três municípios, Ouro Branco, Conselheiro Lafaiete e Congonhas, cujo objetivo é a solução consorciada para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares. O aterro sanitário está localizado na Zona Rural de Conselheiro Lafaiete.

As médias mensais de resíduos sólidos encaminhados de Ouro Branco ao aterro sanitário foram de 626,78 toneladas no ano de 2014, 665,95 toneladas em 2015 e 621,42 toneladas até agosto de 2016. Pode-se sugerir que a diferença de volume nos dois últimos anos apresentados pode estar associada à reestruturação na implantação da coleta seletiva.

Os resíduos sólidos coletados diariamente pelo serviço de limpeza pública, incluindo os resíduos domiciliares, comerciais e das unidades e logradouros públicos, foram caracterizados quanto ao tipo e percentual que representam. Constatou-se que a composição foi de: 30% de resíduo reciclável, 43% de matéria orgânica e 27% de rejeitos. A quantidade total de resíduos coletados é apresentada no Gráfico 4.2.

**Gráfico 4.2** — Quantidade total de resíduos coletados em Ouro Branco/MG – 2010-2016



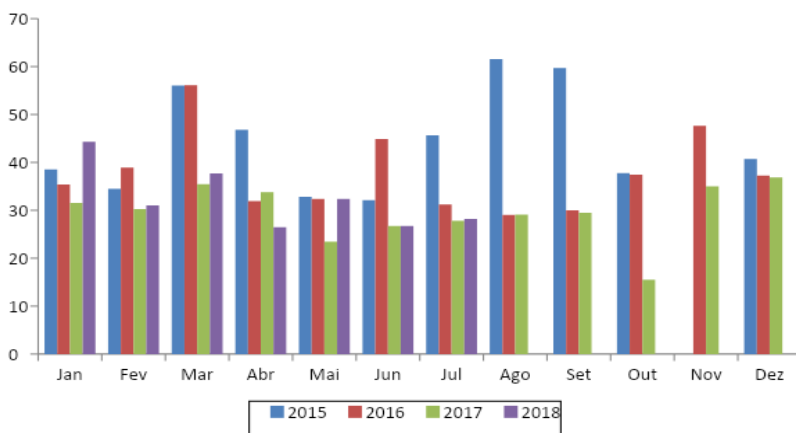
Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (2016)

Com intuito de reduzir a disposição final dos resíduos recicláveis para promover benefícios ambientais, econômicos e sociais com a geração de renda e inserção social dos catadores de materiais recicláveis,

foi implantada, no ano de 2012, a coleta seletiva em pontos de entrega voluntária em parceria com a ASCOB, a qual foi reestruturada no ano de 2014 com a instalação de novos coletores de resíduos e ações educativas.

No ano de 2015, foi iniciada a coleta seletiva porta a porta em vários bairros e na comunidade rural de Carreiras, com o recolhimento realizado uma vez por semana em cada localidade em parceria com a ASCOB, a qual contempla aproximadamente 70% de cobertura da população da área urbana. Os dados representativos referentes à coleta realizada pela ASCOB estão apresentados no Gráfico 4.3.

**Gráfico 4.3** — Coleta de materiais recicláveis (em tonelada) retirados do Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) pela Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Ouro Branco (ASCOB) – 2015-2018



Fonte: De autoria própria (2022)

O município de Ouro Branco apresenta investimento crescente nas despesas com limpeza urbana, como demonstrado na Tabela 4.1, sendo, em contrapartida, de extrema importância a economia gerada pela retirada de resíduos recicláveis efetuadas pela ASCOB, como demonstra a Tabela 4.2.

**Tabela 4.1** — Despesa com serviços de limpeza urbana no município de Ouro Branco/MG – 2009–2016

<b>Receitas e despesas com serviços de limpeza urbana</b>			
Ano	Total R\$/ano	Ano	Total R\$/ano
2009	1.297.289,00	2013	3.149.970,24
2010	0,00	2014	5.147.900,56
2011	2.075.281,26	2015	5.421.932,90
2012	0,00	2016	4.953.112,52

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (2015)

**Tabela 4.2** — Economia gerada através da retirada de materiais recicláveis do RSU da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Ouro Branco (ASCOB) – 2015–2018

<b>Quantidade de materiais recicláveis retirados do RSU pela ASCOB</b>		
Ano	Total (t)	Economia (R\$)*
2015	486,26	36.858,50
2016	452,13	34.271,50
2017	354,95	26.905,20
2018**	226,76	17.216,56

Fonte: De autoria própria (2022)

Nota: (\*) É cobrado ao município R\$75,80 reais cada tonelada de R\$U destinada ao aterro sanitário (Secretaria de Meio Ambiente de Ouro Branco/MG).

(\*\*) Dados obtidos até o mês de julho/2018.

## 2.4 Comparações estatísticas

A partir dos dados disponibilizados pelo SNIS, foi possível gerar as Tabelas 4.3 e 4.4, permitindo, assim, comparar os dados obtidos pelo município de Ouro Branco/MG com dados da mediana de outros municípios nacionais e mineiros, inclusive inserindo alguns filtros por estrato populacional.

**Tabela 4.3** — Total de resíduos recuperados pela coleta seletiva (tonelada por ano) dividido pela população - 2022

Local*	N	Média	D.P.	Mín.	2Q	Máx.	Valor p
Brasil	1138	0,048	0,095	0,000	0,017	1,377	<0,0001
Ouro Branco	1	0,013	NA	0,013	0,013	0,013	-
Minas Gerais	159	0,037	0,065	0,000	0,014	0,556	0,003
Municípios brasileiros (pop> 250,000)	80	0,018	0,047	0,000	0,005	0,288	0,0003
Municípios brasileiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	61	0,037	0,062	0,000	0,014	0,324	0,022
Municípios mineiros (pop> 250,000)	7	0,003	0,001	0,001	0,003	0,005	0,016
Municípios mineiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	11	0,042	0,094	0,002	0,013	0,324	0,760

Fonte: De autoria própria (adaptado de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2015)

**Tabela 4.4** — Cobertura da coleta seletiva (em percentual) – 2022

Local*	N	Média	D.P.	Mín.	2Q	Máx.	Valor p
Brasil	1214	70,82	33,66	1,00	93,81	100,00	<0,0001
Ouro Branco	1	43,76	NA	43,76	43,76	43,76	-
Minas Gerais	171	66,36	33,10	1,05	73,37	100,00	<0,0001
Municípios brasileiros (pop> 250,000)	77	45,04	37,36	1,00	28,78	100,00	0,61
Municípios brasileiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	62	73,50	30,54	1,01	90,95	100,00	<0,0001
Municípios mineiros (pop> 250,000)	6	32,81	13,73	15,02	34,82	47,37	0,22
Municípios mineiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	11	63,93	24,32	33,50	49,95	100,00	0,032

Fonte: De autoria própria (adaptada de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2015)

Valores de  $p$  inferiores a 0,05 representam diferenças estatísticas significativas, ressaltando que as comparações devem ser realizadas a partir das medianas, uma vez que os dados são não paramétricos (conforme resultados de testes de normalidade realizados).

## 2.5 Discussões

De acordo com a Tabela 4.3, o município de Ouro Branco/MG possui uma taxa de resíduos recuperados pela coleta seletiva relativa à população inferior aos dados apresentados pelos municípios brasileiros e mineiros, com diferença estatisticamente significativa (valor de  $p$  inferior a 0,05). Em comparação com o índice geral dos municípios brasileiros cuja população está estimada entre 35.000 e 45.000 habitantes, permanece com resultado ainda abaixo (valor de  $p$  inferior a 0,05), porém atinge o mesmo índice quando se comparado a apenas municípios mineiros que se enquadram na mesma média de habitantes, sendo que neste caso a diferença não é significativa.

Conforme a Tabela 4.4, percebe-se que a taxa de cobertura da coleta seletiva no município de Ouro Branco/MG está inferior ao índice de coleta nos municípios brasileiros e mineiros (valor de  $p$  inferior a 0,05). A cobertura de coleta seletiva continua com o índice de atendimento muito inferior em relação aos demais grupos comparados, sugerindo a necessidade de melhorias na coleta seletiva municipal. Os valores de cobertura inferiores aos dados do município de Ouro Branco são para os municípios brasileiros e mineiros com população superior a 250 mil habitantes, mas sem haver diferença significativa nessa comparação.

Apesar de ter um Plano Municipal de Saneamento Básico bem definido, a cidade ainda possui várias pendências a serem sanadas, sendo que grande parte da população ainda é pouco participativa na coleta seletiva e é necessário maior atuação da administração municipal na disponibilização de suprimentos e manutenção da infraestrutura da coleta seletiva.

Em contrapartida, houve ampliação do acesso dos domicílios ao sistema de limpeza urbana, com a melhoria da parte da infraestrutura.

Porém existe grande dificuldade na expansão do setor da coleta seletiva, sendo que os pontos de coleta se degradam com a má utilização constante, além de não sofrerem manutenções. Assim, essa atividade perde força no município. Há o risco de o índice de destinação de resíduos ao aterro sanitário aumentar com o passar dos anos, devido à perda de materiais que poderiam ir para a coleta seletiva.

Observou-se ainda a falta de um programa efetivo de educação ambiental e conscientização da população. A disposição dos resíduos sólidos de forma incorreta nas ruas, loteamentos e em áreas com erosão (resíduos de construção civil, móveis, animais mortos, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, podas, resíduos domiciliares) ainda é muito observada. Nota-se que não são seguidos os horários de coleta, o que ocasiona acúmulo de resíduos por muito tempo. Comerciantes também deixam de cumprir com o acondicionamento e disposição correta dos resíduos, em muitos casos.

A educação ambiental (EA) deve estar presente em forma contínua, sendo apresentada em todos os níveis e modalidades, em caráter formal e não formal. A EA tem papel muito importante na solução da problemática dos resíduos sólidos, uma vez que as pessoas precisam estar sensíveis ao problema para se dispor a ajudar. Vilhena (1996) afirma que a EA é a mola propulsora de qualquer iniciativa de preservação ambiental que tenha o cidadão como personagem principal. Através da EA é exposto o problema dos resíduos sólidos e a importância da cooperação de cada um, na tentativa de sensibilizar as pessoas.

Segundo Hisatugo e Marçal Júnior (2007), o maior problema da limpeza pública no Brasil é de natureza estrutural. Seria necessário aplicar o princípio poluidor-pagador para uma gestão adequada em que a fonte geradora pagaria pelo volume de resíduo gerado. Assim, seriam estimuladas a redução da quantidade de resíduos produzidos e a separação dos materiais recicláveis no interior das residências para reduzir o volume de resíduos destinados à coleta.

### 3 Considerações finais

A gestão dos resíduos sólidos em Ouro Branco/MG indica certo retrocesso com o passar dos anos, sendo que o município está em constante crescimento populacional e os serviços referentes ao saneamento básico não conseguem acompanhar esse desenvolvimento.

Torna-se de extrema importância realizar investimentos na coleta seletiva, pois os resultados beneficiarão economicamente o município, além de incentivar a geração de empregos na região e, consequentemente, preservar o meio ambiente através do aumento da vida útil dos aterros sanitários.

As grandes despesas anuais com os serviços de limpeza urbana não estão sendo justificadas em melhorias no setor da coleta seletiva, o setor necessita constantemente de reestruturação e acompanhamento para fazer com que a população se adéque às atividades e torne-se um hábito na sociedade.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rafael Medeiros de; FERREIRA, João Alberto. A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil frente às questões da globalização. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2011. ISSN: 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/118>. Acesso em: 16 fev. 2023.

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política nacional de educação ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 1-3, 1999. ISSN: 1415-1537. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/04/1999&jornal=1&pagina=41&totalArquivos=199>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei

no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 3-7, 2007. ISSN: 1677-7042. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=1&pagina=3&data=08/01/2007&captchafield=firstAccess>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 3-7, 2010. ISSN: 1677-7042. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/08/2010&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=84>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 95-6, 2005. ISSN: 1676-2339. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=17/07/2002&jornal=1&pagina=95&totalArquivos=104>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016**. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 188 p., 2018. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. 316 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

ECOTRES. **Consórcio Público de Tratamento de Resíduos Sólidos**. 2022. Disponível em: <https://www.ecotres.com.br/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

O'LEARY, Philip R.; WALSH, Patrick W. **Decision Maker's Guide to Solid Waste Management**, Volume II. Washington: Office of Solid Waste. United States Environmental Protection Agency, 1995. Disponível em: <https://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/DecisionMakersGuideToSolidWasteManagement1993.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BRASIL. **Manual de Saneamento**. 3. ed., Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. ISBN: 85-7346-045-8. p. 14. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_saneamento\\_3ed\\_rev\\_p1.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf). Acesso em: 17 fev. 2023.

GUIMARÃES; CARVALHO E SILVA. Saneamento básico. **IT 179 – Saneamento Básico**, agosto 2007. p. 3. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2018.

HISATUGO, Erika; MARÇAL JÚNIOR, Oswaldo. Coleta seletiva e reciclagem como instrumentos para conservação ambiental: um estudo de caso em Uberlândia, MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 205-16, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/JPBCyDGGBrKQFFhghB8CG8p/abstract/?lang=pt>. Acesso em 27 out. 2018.

IBGE. Ouro Branco-MG. **Gov.br**, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-branco/panorama>. Acesso em: 3 ago. 2018.

IPEA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**: relatório de pesquisa. Brasília: IPEA, 2012. Disponível em: <https://www.ipea.gov>.

br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\_relatorio\_residuos\_solidos\_urbanos.pdf. Acesso em: 9 out. 2018.

MINAS GERAIS (Município). Prefeitura Municipal. Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Ouro Branco. **Relatório de Conformidade nº parceria 1º**: termo aditivo ao termo de fomento PMOB n. 002/2017. (Anexo v).

MINAS GERAIS (Município). Prefeitura Municipal. **Plano Municipal Participativo de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ouro Branco**: diagnóstico e plano de ação. Ouro Branco, MG, 2016.

MINAS GERAIS (Município). Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Ouro Branco-MG**, nov. 2011.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NEIVA, A. Reciclagem cresce no Brasil. **Ecologia e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 96, p. 18-9, set. 2001.

RUBERG, C.; AGUIAR, A.; PHILIPPI JR., A. Promoção da qualidade ambiental através da reciclagem de resíduos sólidos domiciliares, 2000. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL, 2., 2000, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: Edipucrs, 2000. p.157-70.

## **PARTE II - PERCEPÇÕES DOS ATORES ENVOLVIDOS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OPORTUNIDADES VIA EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

## CAPÍTULO 5

### VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS EM AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE-ES

Maiara Leite Zupeli

Benvindo Sirtoli Gardiman Junior

Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho

Dayane Valentina Brumatti

#### Introdução

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial fazem com que a quantidade de resíduos gerados cresça anualmente (ABRELPE, 2019). Aliado a isso, observa-se a grande expansão das áreas urbanas que não levou em consideração a necessidade de adequação de locais específicos para depósito e tratamento dos resíduos gerados (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

No ano de 2018, o total de resíduos domiciliares e públicos coletados no Brasil foi de 62,78 milhões de toneladas, sendo 74,4% destes dispostos em aterros sanitários e apenas 1,7% destinado ao sistema de reaproveitamento e reciclagem, representando 5,6% da massa total de resíduos potencialmente recuperáveis (SNIS, 2018). Tendo em vista esses números, o país perde aproximadamente R\$

8 bilhões por ano ao enterrar materiais que poderiam ser reciclados após o consumo (IPEA, 2019).

A fim de diminuir esse desperdício de receita, a consolidação e ampliação da coleta seletiva é um grande passo. Isso, porque a separação dos resíduos na fonte geradora possibilita dar continuidade ao ciclo de vida dos materiais, por meio do encaminhamento desses à reciclagem ou ao reúso (BESEN, 2011).

No estado do Espírito Santo, 82% dos municípios realizam a coleta seletiva. No entanto, apenas 27% desses realizam a coleta em todo o município; 51%, na sede e em alguns distritos, como é o caso de Venda Nova do Imigrante; e 22%, apenas nas sedes (SNIS, 2019).

A coleta seletiva de resíduos pode ser realizada de forma direta ou indireta. A forma direta é chamada de coleta porta a porta e ocorre em locais onde a população dispõe os seus resíduos na via pública, em locais próximos às suas residências. A coleta indireta é realizada quando a disposição dos resíduos ocorre em pontos estacionários de uso coletivo, em contêineres, caçambas etc. A modalidade de coleta porta a porta predomina nos municípios brasileiros (SNIS, 2018), alcançando a porcentagem de 91% nos municípios Espírito-Santenses (PERS-ES, 2019).

Para que a prática da coleta seletiva seja feita da forma mais eficiente possível, é importante que a sua implementação esteja associada a programas de educação ambiental, a fim de que os indivíduos envolvidos adotem as medidas adequadas para minimização dos resíduos gerados (BRINGHENTI, 2004).

As campanhas socioeducativas devem ser permanentes e vale lembrar que o sistema de coleta seletiva é novo no Brasil, sendo necessário um período de aprendizado pessoal, coletivo e institucional para que se observe o seu funcionamento e manutenção (BARROS, 2012).

A implantação e manutenção dos serviços de coleta seletiva requer grandes investimentos por parte da administração pública. Entretanto o resíduo destinado corretamente à coleta seletiva, sendo dotado de valor econômico, além de contribuir com a preservação do meio ambiente e o aumento da vida útil dos aterros, pode ser revertido em renda e gerar economia aos cofres públicos (GOUVEIA, 2012).

Nesse contexto, os gastos empenhados para manutenção dos serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares representam grande impacto no orçamento público. De um lado, encontra-se o custo empenhado para a realização da coleta convencional, somado ao custo de destinação dos resíduos no aterro sanitário. Do outro, o custo de manutenção, ampliação e melhorias dos serviços de coleta seletiva.

Dessa forma, deve-se avaliar mecanismos de otimização do sistema de coleta seletiva, incluindo ações de educação ambiental para estimular a participação social no sistema e, assim, evitar gastos com a destinação final de resíduos potencialmente recicláveis aos aterros sanitários.

O objetivo deste estudo foi, portanto, analisar a viabilidade econômica dos investimentos em ações de educação ambiental como ferramenta para aumentar a participação popular no sistema de coleta seletiva municipal.

## 1 Metodologia

A análise da viabilidade, para a realização da ampliação da coleta seletiva, foi realizada no município de Venda Nova do Imigrante/ES. Os dados utilizados neste trabalho foram cedidos pelas Secretarias Municipais de Meio Ambiente, de Saúde e de Obras e Infraestrutura Urbana, referentes aos anos de 2017, 2018 e 2019.

Os dados utilizados para a caracterização do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares obtidos da Secretaria de Meio Ambiente foram a quantidade de resíduos recicláveis destinados à Coleta Seletiva; o custo dos serviços de coleta e transporte dos resíduos sólidos destinados às duas modalidades de coleta (seletiva e convencional); a estimativa da arrecadação da Associação de Catadores (faturamento. tonelada<sup>-1</sup>); e o investimento na Campanha da Coleta Seletiva.

Os dados fornecidos pela Secretaria de Obras e Infraestrutura Urbana foram os custos da destinação final dos resíduos em aterros sanitários (custo.tonelada<sup>-1</sup>) e a quantidade de resíduos destinados ao aterro no período analisado. Junto à Secretaria Municipal de Saúde, foi

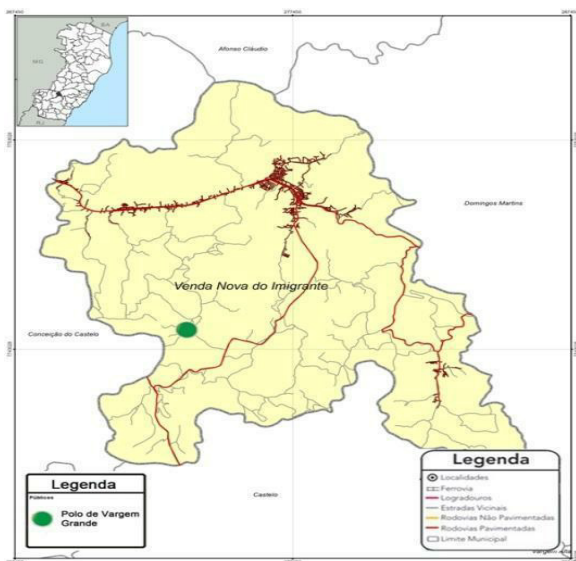
obtido o número de habitantes residentes no município e sua divisão por região.

No site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi obtida a estimativa da população do município nos anos de interesse do estudo. Já o percentual de resíduos potencialmente recicláveis gerados no município foi extraído da análise gravimétrica apresentada no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Venda Nova do Imigrante, aprovado em 2014.

## 2 Caracterização da área de estudo

O município de Venda Nova do Imigrante (Figura 5.1) localiza-se no sudoeste do estado do Espírito Santo, a 83,1 km da capital Vitória. A área do município é de 185,90 km<sup>2</sup> e limita-se ao norte com Afonso Cláudio, ao sul com Castelo, a oeste com Conceição do Castelo e a leste com o município de Domingos Martins. A população estimada, em 2019, era de 25.277 habitantes.

**Figura 5.1** — Localização do município de Venda Nova do Imigrante/ES



Fonte: SEDES (2020)

A coleta seletiva no município é realizada por meio de uma parceria entre a Prefeitura Municipal e a Associação de Catadores de Venda Nova (ASCAVENI). O órgão público é responsável pelo fornecimento de toda a infraestrutura da Associação, tais como galpão de triagem e armazenamento dos resíduos, equipamentos de trabalho, água e energia. Além disso, a Prefeitura é responsável pela operação das duas modalidades de coleta no município: a Coleta Convencional e a Coleta Seletiva.

Todos os resíduos destinados à coleta convencional são encaminhados para a estação de transbordo municipal, onde ficam armazenados em contêineres até serem destinados ao aterro sanitário. O local é coberto, possui piso impermeável e sistema de contenção para o chorume gerado. Cabe à Prefeitura Municipal o monitoramento da Estação de Transbordo.

Já os resíduos oriundos da Coleta Seletiva são coletados pela Prefeitura Municipal e encaminhados à ASCAVENI. Ao chegar à Associação, esses são submetidos ao processo de triagem, prensagem e armazenamento até a destinação. Os rejeitos, detectados no processo de triagem, são coletados semanalmente e encaminhados à Estação de Transbordo. A Associação de Catadores é composta atualmente por nove associados e toda a venda do material coletado é revertida em renda para a Associação.

## 2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Os lixões existentes no município foram desativados em 2001, quando os resíduos sólidos urbanos (RSU) passaram a ser encaminhados ao aterro sanitário privado no município de Cariacica/ES. A partir de 2013, a disposição final dos RSU começou a ser realizada no aterro sanitário localizado em Cachoeiro de Itapemirim/ES. O aterro sanitário situado a cerca de 80 km de Venda Nova do Imigrante é utilizado até os dias atuais e recebe a totalidade de resíduos oriundos da coleta municipal convencional.

Segundo análise gravimétrica realizada em 2009, o potencial de aproveitamento dos resíduos gerados no município é de 27,1% (Tabela 5.1), somando plásticos, papel, papelão, vidros e metais.

**Tabela 5.1** — Composição gravimétrica dos resíduos coletados em Venda Nova do Imigrante/ES

<b>Tipo de material</b>	<b>Área Urbana</b>
Matéria orgânica	58,5 %
Plástico maleável	8,0 %
Plástico rígido	4,9 %
Papel	2,5 %
Papelão	7,4 %
Vidros	2,3 %
Metais	2,0 %
Trapos	10,4 %
Outros	4,1 %

Fonte: Adaptada de PMGIRSVNI-ES (2014)

## 2.2 Coleta Seletiva

Em Venda Nova do Imigrante, a coleta seletiva teve início em 2014, quando foi implantada na modalidade porta a porta em dois bairros: Vila da Mata e Providência. A partir de então, passou a ser ampliada progressivamente, conforme disponibilidade de recursos e planejamento, adicionando três bairros em 2015 e mais quatro em 2017. No ano de 2018, foi ampliada de forma a abranger toda a área urbana do município. A evolução da coleta seletiva no município é representada na Figura 5.2.

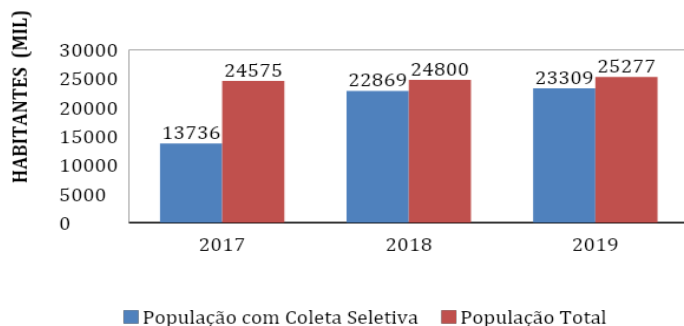
**Figura 5.2** — Evolução da implantação da Coleta Seletiva no município de Venda Nova do Imigrante/ES



Fonte: Dados declarados pela Prefeitura Municipal e sistematizados pela autora (2020)

Em 2018, a coleta seletiva na municipalidade atingiu um crescimento anual de 66,49% no número de habitantes contemplado com esse sistema (Figura 5.3). A ampliação do sistema de coleta foi realizada em atendimento ao Termo de Compromisso Ambiental (TCA) n° 02, firmado entre a Prefeitura e o Ministério Público, que estabelece a ampliação do sistema em toda a área urbana da municipalidade.

**Figura 5.3** — Crescimento da população atendida pelo sistema de coleta de resíduos



Fonte: Dados declarados pela Prefeitura Municipal e IBGE e sistematizado pela autora (2020)

Com a ampliação realizada, 92% da população de Venda Nova do Imigrante foi inserida no sistema regular de coleta seletiva, sendo realizada uma vez por semana em cada região. A coleta convencional já era realizada em toda a área do município, com uma frequência que varia de uma a três vezes por semana, de acordo com a região.

### 2.3 Ampliação da coleta seletiva

No ano de 2018, observou-se um crescimento na geração *per capita* de resíduos destinados ao sistema convencional (Tabela 5.2). Considerando os dados apontados pelo SNIS, no mesmo período, pode-se observar que o aumento da geração *per capita* de resíduos também foi observado a nível nacional.

**Tabela 5.2** — Quantidade de resíduos coletados no município

	Massa de resíduos (ton. dia <sup>-1</sup> )		Geração per capita (kg. hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	
	2017	2018	2017	2018
Coleta Seletiva	0,575	0,616	0,042	0,028
Coleta Convencional	10,531	11,285	0,428	0,455

Fonte: Dados declarados pela prefeitura municipal e IBGE e sistematizado pela autora (2020)

A quantidade de resíduos destinados à coleta seletiva em 2018 atingiu um crescimento de 7% em relação ao ano anterior. Em termos de produção de resíduos por habitante, nota-se uma queda na quantidade destinada à coleta seletiva entre 2017 e 2018, tal fato pode ser explicado pela pouca informação fornecida à população das novas regiões contempladas por esse sistema. Dados do SNIS referentes ao mesmo período de análise mostram um crescimento nacional em termos de contribuição *per capita* de resíduos coletados seletivamente de 0,037 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (13,7 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) para 0,039 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (14,4 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

## 2.4 Custos operacionais

De acordo com a SEMMAM, o custo destinado à realização da coleta convencional no ano de 2018 foi de R\$ 783.456,73, o que equivale a um custo unitário de R\$ 190,21.tonelada<sup>-1</sup>. Para o cálculo, foram considerados os custos com manutenção dos veículos, combustível, motoristas, coletores e destinação ao aterro sanitário.

No que se refere ao sistema de coleta seletiva, o custo empenhado para sua realização no ano de 2018 foi de R\$ 143.345,11, segundo dados fornecidos pela SEMMAM. Em termos unitários, esse valor corresponde a R\$ 638,50.tonelada<sup>-1</sup>. É importante destacar que, no cálculo do custo, foram incluídas apenas as despesas com manutenção dos veículos, combustível, motoristas e coletores, não sendo contabilizadas as despesas para manutenção da estrutura física da Associação de Catadores do município, como água e energia.

## 2.5 A campanha de coleta seletiva

No início do ano de 2019, entre os meses de janeiro e maio, foi realizada uma campanha sobre a importância da participação social na Coleta Seletiva. Essa ação aconteceu por meio de propagandas de divulgação em rádios, carros de anúncio, palestras em escolas e igrejas em todas as regiões do município abrangidas pelo Serviço de Coleta Seletiva. Além disso, foi realizada a contratação de três pessoas para a realização da campanha porta a porta. Nessa modalidade, os agentes envolvidos visitaram cada uma das residências da área urbana do município explicando sobre a Coleta Seletiva e entregando uma cartilha educativa, confeccionada especialmente para a ação, com informações sobre as tipologias dos resíduos, formas de segregá-los e acondicioná-los, dias e horários da coleta na localidade de residência e uma demonstração do trabalho realizado pela ASCAVENI.

De acordo com as informações fornecidas pela SEMMAM, o custo para realização da Ação de Conscientização sobre a Campanha Seletiva foi de R\$ R\$ 12.565,21. Vale destacar que não foram consideradas as

despesas com propagandas em rádios e carros de som utilizados para divulgação da Coleta Seletiva, incluindo nesse custo apenas o pagamento dos agentes e a confecção das cartilhas educativas.

### 3 Resultados e discussão

Considerando que a coleta seletiva no município já se encontra em operação em Venda Nova do Imigrante, a forma mais viável de aperfeiçoar o processo é gerando um aumento da captação do material reciclável, logo, um aumento da participação da população no sistema.

A Tabela 5.3 representa a estimativa da participação da população aderida ao sistema de coleta seletiva em 2018. A chamada “População Inserida” consiste no número de habitantes recém-aderidos ao sistema no ano de 2018, enquanto o termo “População Antiga” refere-se aos habitantes que já faziam parte do sistema de coleta de 2014 a 2017.

**Tabela 5.3** — Estimativa da participação da população aderida ao sistema de coleta seletiva no ano de 2018

	População Antiga	População Inserida	Total
Número de Habitantes	13.862	9.007	22.869
Contribuição per capita (kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	0,042	0,004	0,027
Contribuição (toneladas)	212,1	12,4	224,5
Contribuição (%)	94,5	5,5	100

Fonte: De autoria própria (2020)

Para estimar a contribuição da população inserida no sistema de coleta seletiva em 2018, considerou-se que não houve alteração na geração *per capita* da chamada “População Antiga”, sendo equivalente à observada no ano anterior, de 0,042 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (15,3 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). Dessa forma, 94,5% dos resíduos coletados seletivamente foram gerados pelos moradores das regiões já anteriormente contempladas com o serviço, enquanto os moradores das novas regiões contempladas tiveram uma contribuição de apenas 5,5% da massa total de resíduos

da coleta seletiva. Ou seja, 39,4% da população do município recém-inserido no sistema de coleta seletiva foi responsável por apenas 5,5% dos resíduos encaminhados à ASCAVENI.

Esse dado traz um questionamento sobre a importância da agregação de programas de educação ambiental aos sistemas de Coleta Seletiva (CANTÓIA, 2009; LIMA; COSTA, 2016) como forma de garantir a adesão popular e, conseqüentemente, a obtenção de retorno econômico para os investimentos realizados.

Segundo Pieters (1991), em sua análise sobre os principais fatores que influenciam a participação popular em programas de coleta seletiva, o acesso à informação é de fundamental importância. De acordo com tal análise, ainda que haja motivação por parte da comunidade, sem o devido conhecimento sobre como fazer e sobre os benefícios da segregação de resíduos, a participação na coleta seletiva não é efetivada ou tende a se enfraquecer ao longo do tempo.

Com relação ao retorno econômico, um estudo realizado por Lima (2010) indicou que se toda população atendida pela coleta seletiva em um município de médio porte separasse e destinasse corretamente seus resíduos, a relação entre o custo da coleta seletiva e da coleta convencional seria significativamente menor. Dessa forma, fica evidenciado que os custos referentes às ações de educação ambiental são investimentos necessários.

### 3.1 Resultado da campanha

A ação realizada para fortalecimento da participação da população na Coleta Seletiva gerou um crescimento de aproximadamente 1% no total de resíduos reaproveitáveis coletados seletivamente. Dessa forma, em 2019, do total de resíduos sólidos coletados no município, 6% foram coletados pelo sistema de coleta seletiva.

Em termos quantitativos, observa-se o aumento de 49 toneladas de resíduos recicláveis destinados à ASCAVENI. Considerando que, no ano de 2019, o valor médio de venda do material reciclável foi de R\$ 0,48. kg<sup>-1</sup>, nota-se que o investimento em tal ação ocasionou um aumento de

R\$ 23.516,45 no faturamento da ASCAVENI, em relação ao ano anterior (Tabela 5.4).

**Tabela 5.4** — Resultados do aumento da massa de resíduos coletados seletivamente pós-campanha (2019)

Crescimento em massa coletada	Crescimento em arrecadação da ASCAVENI	Economia gerada com aterro sanitário
49 toneladas	R\$ 23.516,45	R\$ 9.320,29

Fonte: Dados declarados pela Prefeitura Municipal e sistematizados pela autora (2020).

Além disso, considerando o custo por tonelada de resíduos destinados à coleta convencional e, conseqüentemente, ao aterro sanitário, o aumento de 49 toneladas de resíduos coletados seletivamente gerou uma economia de R\$ 9.320,29 aos cofres públicos (Tabela 5.4).

Embora os números não demonstrem o impacto direto da economia gerada que justifique por si só o investimento na ampliação da coleta seletiva, deve-se destacar um dado de extrema importância: o crescimento da coleta seletiva em 2019 foi significativamente maior quando comparado ao aumento da Coleta Convencional (Tabela 5.5).

**Tabela 5.5** — Contribuição *per capita* de resíduos encaminhados aos Sistemas de Coleta

	2018 (kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	2019 (kg. hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Crescimento observado
Coleta Seletiva	0,027	0,032	20%
Coleta Convencional	0,454	0,489	8%

Fonte: Dados declarados pela Prefeitura Municipal e IBGE e sistematizado pela autora (2020)

Após a realização da campanha, foi verificado um aumento de 20% na quantidade de resíduos coletados seletivamente, sendo 2,5 vezes maior do que o aumento observado na modalidade convencional. Esse dado demonstra a maior adesão da população à coleta seletiva e indica o impacto da ação de educação ambiental realizada porta a porta. Efeito

semelhante foi constatado em estudo realizado por Prochnow e Rossetti (2010), no qual a porcentagem do volume de material reaproveitável destinado à coleta seletiva cresceu a cada semana, durante um período de educação ambiental de cinco semanas.

No entanto, vale ressaltar que programas de educação ambiental aplicados de forma periódica e durante longo tempo tendem a apresentar resultados mais promissores na efetivação da Coleta Seletiva (LIMA; COSTA, 2016). Sendo assim, o investimento na ampliação da Coleta Seletiva, através da educação ambiental, é convertido em economia aos cofres públicos também em longo prazo.

### 3.2 Projeções da coleta seletiva

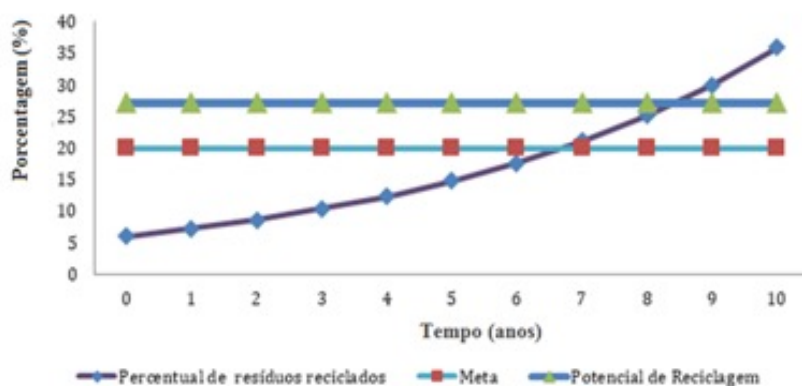
Apesar de o custo com a coleta seletiva no Brasil ser, em média, 4,6 vezes maior que o custo com a coleta convencional (CEMPRE, 2018), sabe-se que quanto maior o percentual de resíduos reaproveitáveis destinados à Coleta Seletiva, maior é a economia gerada com a não destinação em aterros sanitários (LIMA, 2010). Assim, a viabilidade econômica da coleta seletiva dependerá do tempo de investimento e das estratégias adotadas para sua efetivação.

Na realidade do município de Venda Nova do Imigrante, para que se observe um equilíbrio entre o custo empenhado para a realização da coleta seletiva e a economia gerada com a não destinação dos resíduos à coleta convencional, e conseqüentemente ao aterro, é necessário que o percentual de reaproveitamento dos resíduos no município seja de 18,3%. Esse valor corresponde ao percentual da massa total de resíduos coletados no município que, ao não serem destinados ao aterro sanitário, considerando o custo estimado da coleta convencional, gerariam uma economia equivalente ao custo de manutenção dos serviços de coleta seletiva, ou seja, a partir do alcance desse percentual de coleta, o sistema não geraria despesas extras ao órgão público.

Além disso, os resultados demonstram o impacto positivo no aumento da coleta seletiva após a realização da campanha. Dessa forma, incluindo o investimento necessário para a realização da campanha, esse percentual deve ser de 19,92%.

A Figura 5.4 representa uma projeção, em anos, do tempo necessário, com reforço anual da campanha, para que se alcance o percentual mínimo de reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, de forma a garantir o equilíbrio entre os custos da coleta seletiva e economia de custo com a não destinação em aterro sanitário.

**Figura 5.4** – Projeção do crescimento da coleta seletiva



Fonte: De autoria própria (2020)

Tendo como referência a ação realizada no ano de 2019 e admitindo uma meta mínima de efetivação da campanha de 20% de crescimento da coleta seletiva, observa-se o equilíbrio econômico desejado após sete anos (Figura 5.4), quando o percentual de resíduos reaproveitáveis coletados no município atinge 19,92%.

Uma vez que a meta estipulada é atendida, todo resíduo destinado à coleta seletiva é convertido em economia para os cofres públicos. A projeção aponta ainda que, seguindo esse crescimento, em nove anos será possível atingir o potencial máximo de reciclagem do município, que é de 27,1%.

De forma geral, ações de educação ambiental, apesar de dependerem de investimentos para sua realização, trazem redução de despesas dos órgãos públicos, devendo ser realizadas periodicamente para que não haja danos aos resultados já alcançados. Além disso, com base nos dados

de 2018, uma redução de 1,6% do total de resíduos destinados ao aterro sanitário, seria suficiente para arcar com os investimentos da campanha.

Na análise de viabilidade econômica de investimentos em ações de educação ambiental como ferramenta de maximização da massa de resíduos coletados seletivamente, não foram considerados os benefícios econômicos gerados à Associação de Catadores. Entretanto vale destacar que, além do sistema se pagar ao atingir a meta, no sétimo ano, seria observado um aumento de aproximadamente R\$ 300.000,00 na receita da ASCAVENI.

#### 4 Considerações finais

O presente trabalho evidenciou a importância da realização de campanhas de educação e conscientização ambiental ao constatar o aumento do quantitativo de resíduos coletados seletivamente, após a implementação da ação sobre o sistema de coleta seletiva no município de Venda Nova do Imigrante/ES, evidenciando maior adesão da população.

Apesar dos resultados positivos obtidos, nota-se que ainda há muito para ser feito a fim de dar a correta destinação aos resíduos e alcançar o potencial máximo de coleta dos resíduos potencialmente recicláveis. Trata-se de um processo gradual, progressivo, que deve ser realizado com periodicidade para que se alcance o objetivo econômico e, mais do que isso, a preservação do meio ambiente e melhorias na qualidade de vida dos trabalhadores envolvidos com o sistema de reciclagem do resíduo.

Para que os resultados possam ser ainda mais satisfatórios, o envolvimento permanente das escolas em atividades que estabeleçam hábitos diários de separação do resíduo consiste em uma importante ferramenta de adesão ao sistema de coleta seletiva, fazendo com que essa prática seja difundida no cotidiano de seus alunos e, conseqüentemente, da sociedade.

É importante que o resíduo seja apresentado à população como um material de potencial econômico, que pode ser revertido de diversas formas para o bem-estar da sociedade.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: Abrelpe, 2019. 64 p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 1º mar. 2020.

BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Editora Tessitura, 2012.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. 2011. 275 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 1º mar. 2020.

BRINGHENTI, J. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. 316 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/pt-br.php>. Acesso em: 1º fev. 2020.

CANTÓIA S. F.; Leal A. C. Educação ambiental e coleta seletiva. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente/SP, v. 1, n. 31, p. 48-162, 2009.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pesquisa Ciclosoft 2018**. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/9>. Acesso em: 18 abr. 2020.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectivas do manejo sustentável com inclusão social. **Cad Saúde Colet**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

IBGE. Instituto de Geografia e Pesquisa. Censo 2010. Brasília.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019.

LIMA, C. S.; COSTA, A. J. S. T. da. A importância da educação ambiental para o sistema de coleta seletiva: um estudo de caso em Curitiba. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 2, p. 129-137, 2016.

LIMA, G. C. T. **Análise de sustentabilidade econômica da coleta seletiva**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

PIETERS, R. G. M. Changing garbage disposal patterns of consumers: motivation, ability and performance. **Journal of Public Policy and Marketing**, v. 10, p. 59-76, 1991.

PROCHNOW, T. R.; ROSSETTI, J. Resíduos sólidos: coleta seletiva e educação ambiental na cidade de Esteio – RS, Brasil. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 15, n. 2, p. 197-208, 2010.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problemas ou oportunidade?** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

RIBEIRO, H. *et al.* **Coleta seletiva com inclusão social**: cooperativismo e sustentabilidade. São Paulo: Annablume, 2009.

SEAMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo** – PERS-ES. Vitória, 2019.

SEDES. Secretaria de Desenvolvimento do Espírito Santo. Venda Nova do Imigrante. Disponível em: <https://sedes.es.gov.br/venda-nova-do-imigrante>. Acesso em: 1º fev. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **16º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2018.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **17º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2019.

VENDA NOVA DO IMIGRANTE (Município). Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Venda Nova do Imigrante** – PMGIRSVNI-ES. Venda Nova do Imigrante, 2014.

## CAPÍTULO 6

### CARACTERIZAÇÃO E PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL QUANTO AO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE IBATIBA-ES

Adalmario Neto Silva De Freitas

Amanda Diniz De Moura

Maria Luísa Ribeiro De Paiva Hubner

Mariana Cerqueira De Miranda

Benvindo Sirtoli Gardiman Júnior

Maria Claudia Lima Couto

Marisleide Garcia de Sousa

#### Introdução

Os principais problemas ambientais contemporâneos estão intrinsecamente relacionados com o padrão de vida dos indivíduos, construído ao longo de séculos, como fruto de uma sociedade capitalista e industrializada que estimula o consumo através da relação de felicidade ao produto. Essa concepção é influenciada pelo mercado, sobretudo diante de mecanismos como a obsolescência programada, a qual retira a funcionalidade do produto a fim de que o consumidor se renda ao ato da compra. O que se percebe, dessa forma, é que impactos ambientais surgem mediante a realidade supracitada, uma vez que o uso excessivo

de matérias-primas da natureza, a enorme geração de lixo e as dificuldades na administração da poluição afetam gravemente o meio ambiente e, conseqüentemente, a população (GONÇALVES, 2018).

Um relatório apresentado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 2013, chamado Guia de Estratégias Nacionais para o Manejo do Lixo: Mudando de Desafios para Oportunidades, alertou que 3,5 bilhões de pessoas não tinham acesso ao manejo dos resíduos sólidos mundialmente. Paralelo a isso, nas últimas décadas, a geração de RSUs (resíduos sólidos urbanos) aumentou três vezes mais rápido que a população mundial. Esse fato conduz o mundo a uma “catástrofe ambiental”. De forma análoga, dando foco ao Estado brasileiro, infelizmente, o mesmo cenário é reproduzido e pode ser observado, principalmente, no que diz respeito aos impactos ambientais do manejo e disposição inadequados dos resíduos sólidos, tais como: poluição do solo, dos recursos hídricos, do ar e visual, impactos ao meio biótico e à saúde pública, além de penalidades ao município (VG RESÍDUOS, 2020).

Uma análise regional, realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) mostra que entre 2010 e 2019 a geração de RSU no Brasil aumentou em 12 milhões de toneladas por ano, ao passo que a geração *per capita* passou de 348 kg.ano<sup>-1</sup> (2010) para 379 kg.ano<sup>-1</sup> (2019). Verificou-se, ainda, que o Sudeste segue como a região que mais contribui para a geração de resíduos em âmbito nacional (49,88%), especialmente por ser a mais populosa e com a maior concentração de indústrias. Desse percentual, 1.207.785 t.ano<sup>-1</sup> se refere ao estado do Espírito Santo, unidade federativa que foi enfatizada para o atual estudo, em especial um de seus municípios: Ibatiba, localizado na mesorregião sul espírito-santense.

Quanto aos marcos legais nacionais sobre resíduos, meio ambiente e saúde, vale citar que, em 5 de janeiro de 2007, houve a criação da Lei de Saneamento (Lei n° 11.445) que junto à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 (Lei n° 12.305) compõe os limites regulatórios para o manejo dos resíduos sólidos no Brasil, através da definição de quais serviços devem ser prestados pelo poder público,

além de estabelecer uma série de garantias para o cidadão controlar a qualidade ambiental (VIEIRA, 2012). Ademais, a PNRS trouxe metas mais incisivas, tais qual a apresentação dos planos de gestão integrada de resíduos sólidos e a eliminação de lixões no território brasileiro, que, inclusive, teve seu prazo postergado, por “falta de comprometimento dos municípios” (OLIVEIRA, 2020), de 2014 para: 2 de agosto de 2021 em capitais e regiões metropolitanas, agosto de 2022 em cidades com mais de 100 mil habitantes, 2023 nas cidades entre 50 e 100 mil habitantes e 2024 nos municípios com menos de 50 mil habitantes.

A respeito desse cenário, em 2009, o município de Ibatiba, consoante às exigências dispostas nas legislações ambientais, principalmente a Lei nº 11.445/07, entrou no Programa Espírito Santo Sem Lixão — inicialmente planejado em 2008 — como um dos integrantes do CONSUL, Consórcio Público para Tratamento e Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos da Região Sul Serrana do Estado do Espírito Santo, juntamente a 30 municípios e outros dois consórcios intermunicipais, os quais foram formulados diante da necessidade de obtenção de compatibilidade de custos de operação e manutenção dos sistemas de gestão de RSUs com destinação final adequada (SEDURB, 2019). Até então, a cidade contava com uma Usina de Triagem que, em 2009, foi multada pelo IEMA, por apresentar irregularidades, como resíduos que faziam pilha nos pátios do local. Esses, por sua vez, foram mandados para um aterro controlado em Cariacica.

Já em 2016, Ibatiba contou com o início das atividades oficiais, cadastradas, da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis (Cataiba). Dois anos depois, alcançou a finalização de seu Plano Municipal de Saneamento Básico e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de modo a buscar inserir, desenvolver e expandir nas atividades administrativas e operacionais que se relacionam com a potencialização do manejo dos RSUs, do saneamento municipal e demais áreas relacionadas.

Nesse sentido, percebe-se que, nas últimas décadas, a cidade de Ibatiba/ES evoluiu no que diz respeito à questão dos RSUs. Em contrapartida, diversos avanços ambientais precisam ser alcançados ou ampliados. A partir dessa concepção que o presente trabalho visa

identificar o cenário atual dos resíduos sólidos no município, sua gestão física e transparência administrativa, além de avaliar a percepção socioambiental da população perante a situação, ou seja, como os serviços de manejo dos RSUs de Ibatiba têm sido vistos e como têm alcançado os habitantes. Isso tudo com base na ideia de que a participação social e colaborativa tem um importante papel na tomada de decisões, uma vez que pode “determinar as necessidades de uma população e propor melhorias com embasamento e entendimento dos problemas, com mais eficiência na solução dos mesmos” (PALMA, 2005).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi caracterizar as atividades, infraestruturas e instalações da gestão dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Ibatiba/ES e avaliar sua compreensão socioambiental e a função do sujeito social quanto aos sistemas ambientais a partir da percepção da população.

## 1 Metodologia

Quanto à abordagem científica na coleta e desenvolvimento da pesquisa, ela pode ser classificada como básico-estratégica mediante a sua finalidade. De acordo com os objetivos, encaixa-se como descritiva e exploratória, pois baseia-se na organização de assuntos teóricos quanto ao objeto de estudo, assim como pela identificação e coleta de dados referentes à problemática. Simultaneamente, há a abordagem de caráter quali-quantitativo com ênfase nas fontes bibliográficas e documentais.

Na primeira etapa, ocorreu a caracterização do município de Ibatiba quanto às atividades, infraestruturas e instalações operacionais referentes ao manejo dos resíduos sólidos urbanos levando em conta dados documentais e comparações com o disposto nos sistemas nacionais de informações ambientais, com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos e com os Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Na segunda etapa, diante do objetivo de analisar a percepção socioambiental quanto à realidade do manejo dos resíduos sólidos

urbanos de Ibatiba/ES, o questionário confeccionado foi aplicado, de forma *on-line*, com oito questões, via Google Forms, para os moradores da cidade de estudo e para a população pendular, ou seja, que passa parte do seu tempo diário no município. Para isso, um perfil foi criado no aplicativo Instagram a fim de realizar postagens referentes ao tema do trabalho, além de servir como veículo de divulgação do questionário, o qual ficou disponibilizado durante 40 dias, de 21 de dezembro de 2020 a 29 de janeiro de 2021. As perguntas foram as seguintes:

1. Para você, resíduos sólidos e lixo são a mesma coisa?
2. No município de Ibatiba existem atividades de coleta de resíduos sólidos urbanos?
3. Você sabe se em Ibatiba há Associação de Catadores?
4. Os resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana, em Ibatiba, possuem destinação ambientalmente adequada? Vocês sabem para onde são encaminhados os resíduos de Ibatiba?
5. Você teve conhecimento da Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos?
6. Como você avalia a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos de Ibatiba?
7. Para você, a população pode contribuir de alguma forma para com o manejo dos resíduos sólidos urbanos?
8. Caso na pergunta acima (sétima) você tenha marcado sim e conheça alguma maneira que a população possa contribuir, deixe aqui o seu ponto de vista.

Na terceira etapa, houve o cruzamento de informações a respeito da forma ideal que esse manejo é exigido, como realmente ocorre e o modo como a sociedade o percebe, bem como sua classificação.

Para isso, foram feitas duas tabelas comparativas, a Tabela 6.1 teve o objetivo de caracterizar as atividades, infraestruturas e instalações, baseando-se nas diretrizes propostas pelas Políticas Nacionais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos. Quanto à Tabela 6.2, a partir do repertório de estudos técnicos adquiridos, de forma crítica, elaborou-se uma classificação da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Ibatiba/ES.

## 1.1 Caracterização do município de Ibatiba

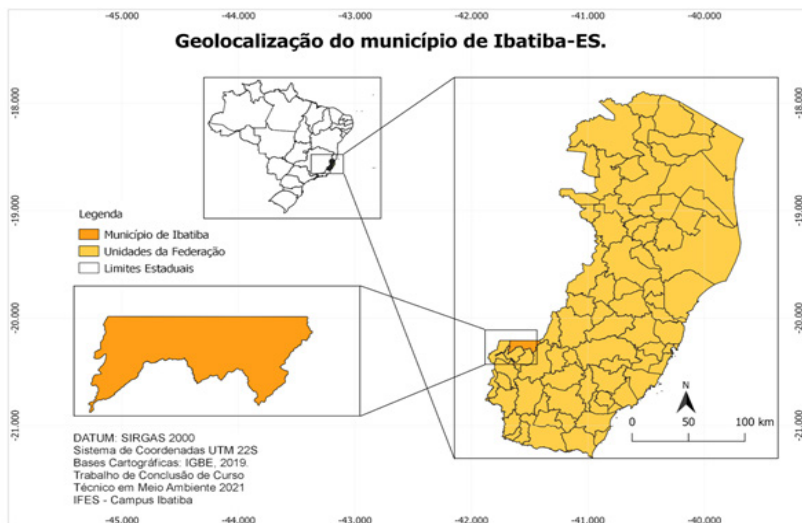
O município de Ibatiba pertence à região Sul-Serrana do estado do Espírito Santo. Conforme o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que ocorreu em 2010, ele possui uma área territorial de 240,278 km<sup>2</sup>. Sua população é estimada em aproximadamente 26.426 pessoas e conta com uma densidade demográfica de 92,98 hab.km<sup>-2</sup>. Ademais, a escolarização da população encontra-se em torno de 97,3% e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é equivalente a 0,647, considerando longevidade, educação e renda; e seu PIB *per capita* correspondente a 12.396,03 (IBGE, 2010).

Em relação a seu território e ao meio ambiente:

[...] apresenta 53,6% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 48,4% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 17,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bocas de lobo, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2010).

Quanto aos aspectos naturais, seu bioma é a Mata Atlântica, seu clima é Subtropical úmido e o solo desse local é dividido em dois grupos: terras frias, acidentadas e chuvosas; e terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas-secas, que se encontram em área urbana de Ibatiba (INCAPER, 2020).

O município conta com a presença de duas bacias hidrográficas. A bacia do rio Itapemirim e a do rio Doce (IBATIBA, 2015). Sua principal atividade econômica, segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, é o setor de serviços com 44,18% do PIB municipal e a agricultura com 14,20%. Além disso, suas coordenadas geográficas são: 20° 14' 25" Sul (latitude) e 41° 30' 22" Oeste (longitude). A geolocalização do município é representada pela Figura 6.1.

**Figura 6.1** — Geolocalização do município de Ibatiba/ES, Brasil

Fonte: De autoria própria (2020)

## 2 Panorama ambiental nacional

Conforme previsto na Constituição Federal, o poder público tem a responsabilidade de proteger o meio ambiente, ao mesmo tempo em que tem a responsabilidade de proteger o coletivo. É a partir dessa atribuição que se pressupõe políticas públicas com a finalidade de cumprir o dever constitucional, juntamente à sociedade civil (LEME, 2010).

Para tanto, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6.938, criada em 31 de agosto de 1981, é uma das legislações que surge como referência importante para a efetivação da proteção ambiental, instituindo o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), estrutura constituída pelos órgãos e entidades da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, para a gestão ambiental no Brasil, com o objetivo de melhorar e recuperar a qualidade do meio ambiente no país (VG RESÍDUOS, 2020).

Paralelo a isso, “ao final da década de 80 e início da década de 90, a área de saneamento viveu um intenso processo de debates para o

estabelecimento de uma Política Nacional de Saneamento Ambiental” (SOUSA, 2006). Tal desafio, em consonância com a PNMA, abriu caminho para a aprovação, em 2007, do Marco Legal do Saneamento mediante a Lei nº 11.445, a qual, dentre seus diversos objetivos, visa contribuir para o desenvolvimento nacional quanto à amplitude dos serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007). É diante desses serviços, e com foco no manejo dos resíduos sólidos urbanos, que se enfatiza a Lei nº 12.305/10 (PNRS).

Segundo Rauber (2011), a validação da Política Nacional de Resíduos Sólidos supracitada traz mais incentivo e apoio à luta pelo desenvolvimento sustentável, além de mecanismos para garantir um melhor equilíbrio entre o desenvolvimento social, econômico e ambiental no que tange aos princípios, objetivos, instrumentos, bem como as diretrizes da gestão integrada e do gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil.

## 2.1 Limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos

Segundo Sisinnio e Moreira (1996), a temática dos resíduos sólidos urbanos é uma das principais questões relacionadas ao saneamento das grandes cidades. Embora seja um importante tópico, a problemática da destinação final incorreta desses resíduos permanece sem solução.

Assim, é de grande importância que o manejo dos RSUs seja feito adequadamente, pois esse é considerado uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde (GOUVEIA, 2012). Destaca-se ainda que é essencial para o desenvolvimento socioambiental, uma vez que reduz a degradação estética, evita a poluição do meio biótico e antrópico, auxilia na limpeza urbana e realiza as devidas destinações dos resíduos e disposições finais dos rejeitos. Essas medidas contribuem também economicamente para com o município e, especialmente, com a geração de empregos na área mediante, por exemplo, associações de catadores.

Ademais, esses benefícios advindos das atividades de “[...] limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente” (BRASIL, 2007) são classificados como serviços públicos sanitários essenciais e a responsabilidade do seu manejo é atribuída ao Poder Público.

Quanto à compreensão conceitual, a Política Nacional de Saneamento Básico expõe que as atividades do manejo dos resíduos sólidos urbanos são:

[...] constituídas pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana (BRASIL, 2007).

## 2.2 Classificações dos resíduos sólidos

Em virtude de suas propriedades, grupos de resíduos foram criados a fim de que, conforme suas características análogas, sejam corretamente transportados, acondicionados, destinados e, por fim, dispostos de forma ambientalmente adequada.

De acordo com as diretrizes da ABNT NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), esses resíduos possuem as seguintes classificações:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
  - resíduos classe II A – Não inertes.
  - resíduos classe II B – Inertes.

Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam condições acentuadas de periculosidade, as quais se destacam a inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Enquanto isso, em síntese, os resíduos não perigosos não manifestam tais traços, podendo ser distinguidos em duas outras subclassificações, as classes II A e B.

Os resíduos classe II A, não inertes, apresentam algumas propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Quanto aos resíduos classe II B, Inertes, são aqueles materiais que após um experimento não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Conforme disposto na Lei 12.305/10, os resíduos podem ser diferenciados, além de sua periculosidade, pela sua origem. Assim, dos vários tipos, destaca-se o alvo dessa pesquisa, os resíduos sólidos urbanos. Estes representam a junção entre os resíduos domiciliares (RDO) e resíduos públicos de limpeza urbana.

### 3 Percepção socioambiental em sistemas ambientais

Perante a temática do manejo dos RSUs, a conjuntura socioeconômica mostra-se ineficiente, pois amplia os sintomas da desproteção ambiental decorrente, sobretudo, da desinformação social. Como a desinformação é considerada uma das maiores ameaças ao processo democrático, ela afeta a participação popular na tomada de decisões (PINTO, 2020).

Essa atitude de negligência impossibilita a criticidade da sociedade, neutralizando sua atuação no processo de mudança — uma vez que a percepção socioambiental é fator estruturante para se apontar as insuficiências e/ou competências dos serviços — e dificultando a literacia ambiental, que, segundo Disinger e Roth (1992), é um pré-requisito informacional para estabelecer padrões para a educação ambiental, uma ferramenta essencial ao bom funcionamento de sistemas ambientais.

Destaca-se que a ausência de conscientização torna a população inerte, visto que não possuem instrução suficiente para poder auxiliar ativamente na proteção e conservação do meio ambiente. Constitucionalmente, é dever não somente do serviço público a responsabilidade ambiental, mas também da coletividade (BRASIL,

1988). A população possui um papel importante no desenvolvimento e evolução dos sistemas ambientais, pois, sendo ela consciente, haverá continuamente exigências referentes a adequações e melhorias, além de alterar seu comportamento mediante ao meio ambiente.

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Panorama da gestão dos RSUs no município de Ibatiba

Em virtude do mapeamento de informações e análises comparativas entre a legislação, as bases documentais e a realidade, obteve-se o seguinte cenário quanto às atividades, infraestrutura e instalações operacionais de gestão dos RSUs em Ibatiba (Tabela 6.1).

**Tabela 6.1** — Panorama das atividades, infraestruturas e instalações quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos em Ibatiba

	Componente Ambiental			Parcialmente
	Situação do Município de Ibatiba	Possui	Não Possui	
Atividades e Infraestruturas Municipais	Serviço de varrição	x		
	Coleta genérica	x		
	Coleta Seletiva	x		
	Serviços de Limpeza Urbana	x		
	Transporte	x		
	Transbordo	x		
	Triagem	x		
	Reutilização e reciclagem	x		
	Destinação Final Municipal		x	
	Destinação Final Regional	x		
	Plano Estadual	x		
	Plano Municipal	x		
	Beneficiamento destes materias			x
	Consórcio Público	x		
	Empreendimentos com ACV		x	
	Acordos Setoriais		x	
Programa Estadual	x			
Logística Reversa		x		
Educação ambiental acerca dos RSU's			x	

Fonte: De autoria própria (2021)

Observa-se, portanto, que o município possui expressivas atividades, infraestruturas e instalações referentes à gestão ambiental dos resíduos sólidos urbanos. Quanto ao serviço municipal, segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Cultura e Turismo, é realizada pela Cataiba (Associação de Catadores de Ibatiba), que possui seis funcionários e três veículos, sendo que um deles é urbano e um é próprio da coleta seletiva.

Além disso, a ausência de técnicas e habilidades modernas que resguardem a responsabilidade compartilhada das ações sobre o meio ambiente, como a Avaliação do Ciclo de Vida do Produto (ACV), logística reversa e acordos setoriais, denotam, portanto, uma escassez de planejamento ambiental estratégico pelo município.

A fim de classificar sua gestão, uma tabela comparativa foi elaborada analisando e selecionando os componentes ambientais mais relevantes no Brasil, como pode ser apreciado na Tabela 6.2.

**Tabela 6.2** — Classificação da gestão dos resíduos sólidos urbanos referentes aos componentes ambientais presentes no município

Componente Ambiental	Classificação quanto a gestão
Todas as exigências socioambientais	Excelente
Destinação Parcial dos resíduos	Razoável
Apenas disposição final ambientalmente adequada	Ruim
disposição final inapropriada	Incipiente

Fonte: De autoria própria (2021)

Conforme os parâmetros dispostos na Tabela, nota-se que Ibatiba, enquanto componente ambiental, possui destinação parcial dos resíduos sólidos urbanos. Dessa forma, sua classificação quanto à gestão é razoável.

O não tratamento dos resíduos orgânicos mostra-se como, no momento, o maior entrave quanto ao gerenciamento dos RSUs em Ibatiba/ES e opõe-se ao que prevê a Lei nº 12.305/2010, visto que o município não cumpre a ordem obrigatória estabelecida ao seu manejo. Logo, diante de sua disposição como rejeito, é notório que eles são gerenciados incorretamente mediante as exigências legais e

as necessidades ambientais, posto que possuem processos viáveis de tratamento dos pontos de vista tecnológico e econômico (BRASIL, 2010).

De acordo com os dados do SINIR, em 2017, ano do último censo, em Ibatiba houve uma quantidade de resíduos de coletados de 3.555 t de RDO (Resíduos Domiciliares) + RPU (Resíduos Públicos de Limpeza Urbana). Desses, a quantidade de RDO e RPU recebida e tratada pela associação de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na Usina de Triagem foi em torno de 8% (285 t). Enquanto isso, aproximadamente 92% (3.270,00 t) foram abordados como rejeitos e encaminhadas à Central de Tratamento de Resíduos de Cachoeiro de Itapemirim, onde realizaram a sua disposição final em aterros sanitários. Nesse mesmo ano, o IPEA (2012) estimou que, no Brasil, a matéria orgânica seria em torno de 51,4% em relação aos componentes gravimétricos. Sob essa ótica, em média 1.813,05 t de resíduos orgânicos foram tratados como rejeitos e dispostos inadequadamente no Aterro Sanitário.

A manutenção e inação da administração pública, dos setores ambientais e da mobilização social quanto à realidade da disposição inapropriada dos componentes orgânicos implicam em:

- Perda econômica devido ao seu não beneficiamento;
- Emissão de poluentes atmosféricos e custos adicionais dos veículos que realizam o traslado entre a Estação de Transbordo de Ibatiba e o Aterro do Consórcio;
- Produção de biogás na instalação;
- Produção de chorume na instalação;
- Demanda de maior desenvolvimento técnico do Aterro Sanitário devido à alta formação de biogás e chorume;
- Maiores custos com a produção de biogás que deverá ser aproveitado ou queimado e, eventualmente, irá gerar emissões de dióxido de carbono na atmosfera;
- Demanda de investimento e de gastos para tratar e dispor adequadamente do chorume;
- Redução à durabilidade da instalação;
- Alta necessidade de espaço;
- Alta demanda de operadores;

- Grande perda de área, uma vez que após sua desativação irá tornar-se um passivo ambiental;
- Distanciamento da legislação devido ao não cumprimento da ordem obrigatória da PNRS e pela não adoção de tecnologias mais limpas de tratamento.

Em virtude disso, faz-se necessário o desenvolvimento de instalações, tecnologias e habilidades capazes de comportar e tratar tanto o lixo seco quanto o lixo úmido, de modo a reduzir o volume de resíduos sólidos urbanos manipulados e dispostos inadequadamente.

## 4.2 Avaliação da percepção socioambiental quanto à gestão dos RSUs em Ibatiba

Quanto à avaliação da percepção socioambiental, foi listado o retorno de 170 pessoas, obtido pelo questionário aplicado.

Em relação à diferença entre os conceitos de resíduos e lixo, 81,2% (138) das respostas apontaram que tais termos são distintos, 12,4% (21) relataram ter, as duas palavras, o mesmo significado e 6,5% (11) decidiram não opinar a respeito. Nesse sentido, os percentuais adquiridos retratam que certos conceitos, usados cotidianamente como sinônimos, estão sendo corretamente diferenciados por grande parte da população.

Sobre a presença da atividade de coleta de resíduos, 46,5% (79) dos indivíduos que responderam ao questionário declararam não saber informar a existência ou não da atividade citada, 5,9% (10) apontaram não haver coleta de RSUs no município, 28,2% (48) responderam que há o serviço de coleta e que são contemplados. Por fim, 19,4% (33) expuseram a existência da atividade, mas relataram que não são atingidos. Dessa forma, as respostas indicam que muitos não reconhecem a presença dessa atividade essencial de coleta de RSUs, outros, entretanto, não são abrangidos, o que mostra a importância de maiores análises para a melhoria no atendimento dos serviços públicos de saneamento básico.

Quanto à associação de catadores em Ibatiba, 56,5% (96) das respostas indicaram que sabem da existência, 41,2% (70) não souberam responder e 2,4% (4) relataram não haver uma associação de catadores

no município. Diante disso, percebe-se que há pouco conhecimento da presença e, conseqüentemente, da importância da associação de catadores no manejo dos RSUs da cidade.

A respeito da destinação dos resíduos, 55,2% (94) da população julga como ambientalmente adequada. Do total, 23,5% (40) acham que tais resíduos vão, parcialmente, para a associação de catadores; 5,3% (9) acreditam que a destinação final é um aterro controlado; 22,9% (39) afirmam que vão, parcialmente, para um lixão; e 3,5% (6) presumem que vão para um aterro sanitário. Dos 44,7% (76) restantes, 5,3% (9) não consideram a destinação dos resíduos sólidos domiciliares e da limpeza urbana como ambientalmente adequada e não conhecem sua destinação final. E 39,4% (67) não souberam informar.

A quinta pergunta possuiu o objetivo de avaliar o conhecimento da população local sobre a Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Dos participantes, 72,9% (124) afirmaram não conhecerem tal elaboração, 22,4% (38) disseram que são cientes, porém não participaram do processo, e somente 4,7% (8) conheceram e participaram. Esse dado mostra a precariedade do conhecimento de uma parcela considerável dos cidadãos de Ibatiba a respeito dos Planos Municipais de saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Na sexta questão, avaliamos como as pessoas classificam a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos no município de Ibatiba (ES). Das 170 respostas, sendo 59,4% (101) pessoas acham que os serviços devem melhorar, 22,9% (39) acham satisfatórios, 14,1% (24) não sabem opinar, 2,9% (5) consideram o serviço excelente e 0,6% (1) como péssimo. Dessa forma, os resultados indicam que a população considera medianos os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, tendo muito que ser melhorado pelo poder público.

A sétima pergunta analisa se a população tem conhecimento de meios para contribuir com o manejo dos resíduos sólidos urbanos gerados em Ibatiba/ES. Em tal caso, 50% (85) dos indivíduos acham que sim, porém não sabem como, 38,2% (65) acham que sim e conhecem maneiras de contribuir, 7,1% (12) talvez conheçam alguns métodos e 4,7%

(8) não conhecem nenhuma forma de auxiliar no manejo dos resíduos sólidos urbanos. Sob essa perspectiva, nota-se que a metade dos indivíduos que responderam ao questionário reconhece a importância da população no manejo dos resíduos sólidos urbanos, porém não conhecem métodos para contribuir.

Quanto à oitava indagação feita, complementar à sétima, decidiu-se colher as percepções do público-alvo. Para isso, deixou-se que eles se expressassem por meio de uma alternativa aberta. O retorno foi de 51 respostas, isto é, equivalente a 30% dos indivíduos que participaram da pesquisa.

Dentre o total de respostas obtidas, pôde-se obter as seguintes concepções sobre o modo como a população pode contribuir para com a gestão dos resíduos sólidos:

- separando o lixo seco do lixo úmido.
- fazendo a disposição em local e horário adequado.
- separando seus resíduos em recicláveis e não recicláveis, facilitando, assim, o desenvolvimento dos trabalhos consecutivos, sobretudo da associação de catadores na Usina de Triagem e Transbordo.
- participando de oficinas de coleta seletiva e reutilização, além de palestras e outras atividades pedagógicas propostas.
- reaproveitando tudo que for possível e minimizando a geração de resíduos.
- adotando recipientes de coleta seletiva nas ruas do município.
- aplicando medidas de conscientização para correto uso da infraestrutura de seletividade do lixo urbano, como as “lixeiras coloridas”.
- realizando compostagem caseira.
- mantendo as ruas limpas e não jogando lixo em lugar indevido, pois reduz os serviços dos garis em coletar os resíduos públicos de limpeza urbana.
- não jogando esses resíduos em locais onde é de difícil o acesso àqueles que operam a coleta dos RSUs.
- divulgando informação de forma simples e acessível.

Das 51 respostas, 60,78% manifestaram-se mediante a necessidade

da separação residual em secos ou úmidos. 33,33% pensam que a ação da população está associada à deposição dos resíduos em lugares e horários adequados. Enquanto isso, 5,88% pronunciaram-se perante a coleta seletiva, processo em que o lixo é diferenciado devido à sua fonte de geração, e 15,68% expressaram-se em relação a ações sociais ativas, como as pressões sociais (3,92%) e a educação ambiental (11,76%). 5,88% identificaram a importância da reutilização de materiais entre a população. Já 3,92% retrataram o importante papel da realização de compostagem caseira e, por fim, 11,76% incentivaram a existência das atividades vinculadas à reciclagem do lixo seco pela associação de catadores.

Os fatores associados à responsabilidade da população dentro do manejo dos resíduos sólidos urbanos foram assertivos. No entanto, o que preocupa são os percentuais. Poucos reconheceram a coleta seletiva, a educação ambiental, as pressões sociais, a reutilização e a reciclagem, tanto a domiciliar quanto a municipal, como variáveis fundamentais para a boa gestão desse sistema ambiental.

Isso é um sintoma direto da deficiência de informação presente no município. Nota-se que não somente nessa pergunta do questionamento houve dados intuitivos que nos permitissem traçar essa análise, mas também nas questões fechadas supracitadas vemos o mesmo comportamento. A predominância da desinformação da população que participou do questionário é resultado nítido da não divulgação promovida pelo Poder Público e pelos órgãos ambientais competentes, uma vez que são escassas as ações de educação ambiental dentro do município.

Cabe destacar que, conforme dispõe o art. 225 da Constituição Federal, é dever também da coletividade proteger e conservar os recursos ambientais. Todavia, para isso é necessária a distribuição e homogeneização da informação. Isso pode ser realizado através da educação ambiental em palestras, oficinas, minicursos, nas redes sociais do município, nas escolas e outras unidades de ensino e capacitações. A não realização dessas práticas, mostra-se prejudicial à sadia qualidade de vida e ao equilíbrio do meio ambiente.

Nesse sentido, a falta de transparência da administração pública impede a população de conhecer os acertos e desacertos das políticas públicas ambientais e, conseqüentemente, interferir na defesa do direito coletivo de um ambiente estável ecologicamente (POLÍZIO JÚNIOR, 2014).

Ademais, é obrigação do Estado, por meio do Poder Público local, assegurar o direito à participação do cidadão à gestão ambiental, à distribuição da informação e à educação ambiental (FISCHER, 2012). No entanto, sua inação quanto às obrigatoriedades constitucionais é uma ameaça à cidadania ambiental, à ecoeficiência, à sustentabilidade e à justiça socioambiental, como afirmam Anadon e Estabel (2014). A desinformação social, portanto, compromete o Estado Democrático de Direitos (BARBOSA; SOUSA NETO, 2014) e a administração dos sistemas ambientais (ALCÂNTARA; SILVA; NISHIJIMA, 2012).

## 5 Considerações finais

Esta pesquisa apresentou a caracterização e uma análise quanto à percepção socioambiental em relação ao manejo dos resíduos sólidos urbanos em Ibatiba/ES. Enquanto realidade, o município possui tratamento dos materiais recicláveis e reutilizáveis e uma associação para executar o serviço público, bem como não dispõe de seus materiais em locais inapropriados. No entanto, há desafios quanto à destinação dos componentes orgânicos e técnicas e habilidades associadas à responsabilidade compartilhada dos resíduos sólidos gerados no município, o que, no momento, o impede de alcançar o modelo ideal de gestão.

A respeito da percepção socioambiental, verificou-se a baixa compreensão quanto ao gerenciamento dos RSUs. Além do não reconhecimento de suas atribuições indiretas à gestão, como cobranças e pressões aos organismos políticos e ambientais, mas também nas atitudes diretas, como na segregação domiciliar, na deposição em horários e lugares adequados à coleta e a reutilização de materiais.

Em virtude disso, certamente, o município de Ibatiba precisa adquirir avanços quanto a tais carências identificadas, como investimentos em infraestruturas capazes de destinar adequadamente os resíduos orgânicos biodegradáveis, assegurar a transparência administrativa quanto ao manejo dos RSUs e garantir o direito à cidadania ambiental dos cidadãos de Ibatiba, por meio de políticas públicas associadas à gestão dos RSUs e da educação ambiental, de modo a informá-los sobre suas funções ativas diretas e indiretas enquanto agentes socioambientais.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** - Edição 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja; SILVA, Maria Clara Araujo; NISHIJIMA, Toshio. Educação ambiental e os sistemas de gestão ambiental no desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 734-40, 2012. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231165549.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2021.

ANADON, Celine Barreto; ESTABEL, Cláudia Mota. O direito de acesso à informação e a educação ambiental: perspectivas para a conformação de uma cidadania ecológica. **Publica Direito [on-line]**, [s. d.]. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=aa97f5d3df9cd7db>. Acesso em: 4 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Informação e Documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBOSA, Erivaldo Moreira; SOUSA NETO, João Batista. Direito Constitucional: Em busca da cidadania ambiental. **JusBrasil [on-line]**,

2014. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/direito-constitucional-em-busca-da-cidadania-ambiental/135328782>. Acesso em: 4 abr. de 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 11 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 20 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 12 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 11 set. 2020.

DISINGER, John F.; ROTH, Charles E. **Environmental Literacy**. ERIC/CSMEE Digest. 1992.

FISCHER, Fabiana Janaina Vargas. Cidadania ambiental global e sustentabilidade. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 7, n. 1, 1º quadrimestre de 2012. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica) - ISSN 1980-7791. Acesso em: 4 abr. 2021.

GONÇALVES, Pólita. **A cultura do supérfluo**: Lixo e desperdício na sociedade de consumo. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=SVRSdWA AQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=padr%C3%A3o+de+consumo+e+lixo&ots=q9gSGLxrs&sig=QeqSrFYEyIPCs1JCIAAls20D9Fg#v=onepage&q=padr%C3%A3o%20de%20consumo%20e%20lixo&f=false>. Acesso em: 23 mar. 2021.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1503-10, 2012.

IBATIBA (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Cultura e Turismo. **Diagnóstico Ambiental Preliminar** - Unidade de Triagem e Compostagem de Ibatiba. Disponível em: <https://silو.tips/download/1-fase-diagnostico-ambiental-preliminar-do-plano-de-recuperaao-de-area-degradada>. Acesso em: 20 mar. 2021.

IBGE. Cidades - **Ibatiba**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/ibatiba/panorama>. Acesso em: 20 mar. 2021.

INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural** - Ibatiba. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/ibatiba.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**: Relatório de Pesquisa. 2012. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf). Acesso em: 3 fev. 2021.

LEME, Taciana Neto. Os municípios e a política nacional do meio ambiente. **Planejamento e políticas públicas**, v. 2, n. 35, 2010.

MACHADO, Gleysson B. **Lixo e Rejeito**. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/lixo-e-rejeito/>. Acesso em: 11 set. 2020.

OLIVEIRA, Kaynã de. Fim dos lixões é adiado por falta de comprometimento dos municípios. **Portal Resíduos Sólidos** [*on-line*], [s. d.]. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/fim-dos-lixoes-e-adiado-por-falta-de-compromisso-dos-municipios/#:~:text=A%20principal%20mudan%C3%A7a%20feita%20pelo,de%202022%20como%20prazo%20final..> Acesso em: 23 mar. 2021.

PNUMA. Guia de estratégias nacionais para o manejo do lixo: mudando de desafios para oportunidades. **ONUNews** [*on-line*], [s. d.]. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2013/10/1452511-pnuma-35-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-ao-manejo-do-lixo>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PALMA, Ivone Rodrigues. **Análise da percepção ambiental como instrumento ao planejamento da educação ambiental**. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Rio Grande do Sul, 2005.

PINTO, Eva *et al.* Literacia ambiental na era da desinformação. **Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos**, v. 9, n. 1, p. 19-36, 2020.

POLÍZIO JÚNIOR, Vladimir. O acesso à informação como instrumento assecuratório de proteção ao meio ambiente: consequências de uma legislação ambiental aquém do direito humano fundamental que se busca tutelar. **Publica Direito** [*on-line*], [s. d.]. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=8c38890c0ec1120a>. Acesso em: 4 abr. 2021.

RAUBER, Marcos Eduardo. Apontamentos sobre a política nacional de resíduos sólidos, instituída pela Lei Federal n. 12.305, de 02.08.2010.

**Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 4, n. 4, p. 1-24, 2011.

SEDURB. **Programa ES Sem Lixão**. Disponível em: <https://sedurb.es.gov.br/programa-es-sem-lixao>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SINIR. **Painel de Resíduos Sólidos Urbanos** - Fluxo e Quantidade de Resíduos, Ibatiba-ES. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNDk5NWYwYzgtMTk2MS00NmMyLWI3ODAtMmVIZTB-kZTUzOGNhliwidCI6IjJmYjY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTYzN-DY3NTJmMDNINCIsmMiOjF9>. Acesso em: 2 fev. 2020.

SISINNO, Cristina L. S.; MOREIRA, Josino Costa. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 12, p. 515-523, 1996.

SOUSA, Ana Cristina Augusta de. Por uma política de saneamento básico: a evolução do setor no Brasil. **Jornal O Globo**, v. 30, n. 5, p. 4, 2006.

SOUSA, Cláudia Orsini Machado de. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: uma busca pela redução dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). **InterfaceHS: Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 113-127, 2012. Disponível em: [http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/68\\_secao\\_vol7n3.pdf](http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/68_secao_vol7n3.pdf). Acesso em: 11 set. 2020.

VG RESÍDUOS. Quais são os impactos ambientais de uma má gestão de resíduos? **VG Resíduos** [on-line], [202-]. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/impactos-ambientais-ma-gestao-de-residuos%20ambientais>. Acesso em: 22 mar. 2021.

VG RESÍDUOS. **O que é o Sistema Nacional do Meio Ambiente e qual sua estrutura?** **VG Resíduos** [on-line], [202-]. Disponível

em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/sistema-nacional-do-meio-ambiente/#:~:text=O%20Sistema%20Nacional%20do%20Meio%20Ambiente%2C%20ou%20Sisnama%2C%20foi%20institu%C3%ADdo,a%20qualidade%20ambiental%20no%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 20 mar. 2021.

VIEIRA, Anderson. Marco regulatório para manejo do lixo visa colocar o país em patamar ambientalmente adequado. **Senado Notícias** [*online*], 2012. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2012/03/09/marco-regulatorio-para-manejo-do-lixo-visa-colocar-o-pais-em-patamar-ambientalmente-adequado>. Acesso em: 23 mar. 2021.

# CAPÍTULO 7

## AVALIAÇÃO DA COLETA SELETIVA EM VESPASIANO A PARTIR DA EXPERIÊNCIA DA COPARE

Vinicius Almeida de Oliveira  
Marcos Paulo Gomes Mol

### Introdução

A geração de resíduos sólidos urbanos está ligada principalmente ao processo civilizatório humano, e como discute Pinho (2011), desde que o ser humano deixou de ser nômade e passou a se fixar em territórios, ele passou a conviver com os resíduos gerados pelas suas próprias atividades. De acordo com Seadon (2006), já nos primeiros núcleos habitacionais os resíduos oriundos dos habitantes eram lançados diretamente nas ruas ou nas imediações das residências, e outra prática bastante comum naquela época era promover a queima dos resíduos gerados.

Com o passar dos séculos, as comunidades evoluíram do ponto de vista cultural e tecnológico e, à medida que tais avanços foram alcançados, a composição e a quantidade dos resíduos tornaram-se mais diversificadas. Benedito *et al.* (2005) afirmam que o “lixo”, em função de sua proveniência variada, apresenta também constituintes bastante diversos, e, além disso, o volume da sua produção varia de

acordo com a sua procedência, com o nível econômico da população e com a própria natureza das atividades econômicas na área onde ele é gerado.

Devido ao aumento desordenado na geração de resíduos sólidos ao longo dos anos, o gerenciamento e gestão tornou-se um trabalho mais complexo, demandando mais dos gestores. No passado, os resíduos sólidos eram simplesmente descartados em locais abertos, conhecidos popularmente como lixões. Segundo Benedito *et al.* (2005), ainda, em muitas cidades, há a prática do descarte dos resíduos em terrenos baldios. Com o passar das décadas e com o aumento da necessidade de se adotarem medidas para o descarte correto dos resíduos sólidos, inúmeras iniciativas para aprimorar o gerenciamento dos resíduos sólidos têm sido propostas com o intuito de proporcionar um fim adequado aos rejeitos gerados.

No Brasil, a coleta seletiva vem conquistando maior espaço quando se discute as possibilidades de destinação final dos resíduos sólidos. Incentivada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, maior ênfase tem sido observada no país principalmente devido à atuação de associações ou cooperativas, configurando-se como peça fundamental na gestão dos resíduos sólidos. Por ocasião do crescimento econômico do país alcançado nas últimas décadas, a Política Nacional de Resíduos Sólidos determinou como meta principal a redução da destinação dos resíduos gerados, incentivando, assim, as metas de redução, reutilização e reciclagem, conforme § 3º, art. 15, da Seção II, do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Acompanhado pelo crescimento econômico do país e, conseqüentemente, pelo aumento da geração de resíduos sólidos, o estado de Minas Gerais também seguiu com as propostas adotadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com o § 3º, do art. 17, da Seção III – Dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, o Estado é responsável por apresentar metas de redução, reutilização e reciclagem com o intuito principal de reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada. Apoiado pelo § 6º da mesma seção, o Estado também é responsável

pela criação de programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas, conforme apontado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

De acordo com o Panorama da Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de Minas Gerais no ano de 2015, 227 municípios do estado tinham implantado programas de coleta seletiva, sendo que, em 102 desses, o programa de coleta seletiva está em fase de implantação ou paralisado (FEAM, 2015). Nos outros 125 municípios analisados, a coleta seletiva foi classificada como satisfatória em 28% deles; como regular em 45%; e como insatisfatória em 26% (ABRELPE, 2016). Apesar de avanços notórios terem sido realizados, a coleta seletiva no Brasil ainda está em fase de consolidação, demandando assim novos estudos visando proporcionar um entendimento mais claro sobre as variáveis e determinantes associados a esse sistema de gestão. Nota-se ainda a necessidade de ampliar a divulgação à população sobre os benefícios proporcionados e a importância da adesão da população.

A forma como a coleta seletiva ocorre no Brasil inclui, principalmente, a tradicional coleta porta a porta, quando os catadores buscam os resíduos recicláveis próximos aos domicílios, e a coleta por pontos de entrega voluntária, quando os materiais são dispostos pela população em equipamentos específicos para acondicionamento e armazenamento temporário até que a coleta desses recicláveis seja efetivamente realizada. Dentre as tipologias de prestador desse serviço de coleta dos resíduos sólidos recicláveis, é possível elencar as empresas vinculadas ao serviço de limpeza urbana, tanto de esfera pública quanto privada, ou mesmo as associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis (CONKE; NASCIMENTO, 2018; TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002; MMA, 2018).

Considerando as inúmeras variáveis e condicionantes presentes nos municípios brasileiros no que tange à forma de gestão dos resíduos recicláveis, constata-se a importância de se avaliar, de diversos pontos de vista, como esses sistemas estão implantados. Dessa maneira, ouvir os diferentes atores envolvidos no processo de coleta seletiva é importante para se vislumbrar novas possibilidades de gerenciamento

dos desafios existentes. Em especial, ouvir os catadores de materiais recicláveis é fundamental para se ter uma dimensão mais próxima da realidade de quem executa o processo de coleta. Espera-se, assim, identificar aspectos positivos que permitam trilhar rumos mais efetivos para a gestão dos resíduos recicláveis.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a coleta seletiva no município de Vespasiano, Minas Gerais, sobre a ótica dos cooperados da Cooperativa Paroquial de Reciclagem (COPARE). Foram identificados também o contexto de trabalho e os resultados obtidos ao longo dos últimos anos, comparando as percepções desses trabalhadores com os dados obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

## 1 Metodologia

Nesta pesquisa, foram obtidos dados primários através de entrevistas com os trabalhadores da COPARE e visitas feitas periodicamente à sede da cooperativa. As visitas foram realizadas três vezes por semana durante os meses de agosto e setembro de 2018, com o objetivo de acompanhar a rotina de coleta dos materiais a serem reciclados. Foi verificado ainda como é realizada a checagem e a catalogação dos pontos de coleta nos quais os materiais recicláveis são fornecidos. As entrevistas foram realizadas com os trabalhadores da cooperativa com o intuito de registrar informações sobre a jornada diária e as condições de trabalho. Todos os trabalhadores foram convidados a participar e tinham pleno direito de optar por participar ou não. Neste trabalho, são apresentadas informações apenas daqueles que concordaram com a participação.

Também foram realizadas pesquisas bibliográficas em normas e bases de dados pertinentes a coleta seletiva, como a Pesquisa de Saneamento Básico de 2008, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2016, a Política Estadual de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei 18.031, de 2009, e a Política Nacional de Resíduos, estabelecida pela Lei 12.305 de 2010. Foi consultada a base de dados do Sistema Nacional de

Informações sobre Saneamento (SNIS), componente Resíduos Sólidos. É necessário destacar que os dados são autodeclarados, portanto, pode haver erros de cadastro, mesmo com as atividades de conferência de dados realizadas pelos órgãos responsáveis.

Os dados quantitativos coletados foram comparados considerando as informações sobre coleta seletiva do SNIS, incluindo as informações do município estudado e informações de outros municípios brasileiros. Os testes estatísticos foram realizados no *software* R, versão 3.4.2, incluindo teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e comparação de medianas (Mann-Whitney), uma vez que as variáveis não são paramétricas. Todos os testes foram realizados com nível de confiança de 95%.

## 2 Resultados

### 2.1 Descrição do local de estudo

Vespasiano é um município brasileiro localizado na região Metropolitana de Minas Gerais. A sua população estimada no ano de 2018 foi de 125.376 habitantes (IBGE 2018). Por pertencer à região Metropolitana de Belo Horizonte, possui limites com a capital mineira ao sul e com os municípios de Lagoa Santa a nordeste, Santa Luzia também ao sul e com São José da Lapa e Confins, a sudeste. A sua área total é de 70.108 km<sup>2</sup>, com densidade populacional de 1.661,81 hab/km<sup>2</sup>, sendo as atividades econômicas mais relevantes o comércio e a indústria (IBGE, 2018).

A escolha desse município se deu pelo fato de a cobertura da coleta seletiva ter alcançado 100%, segundo dados do SNIS (2016). Destaca-se também o fato de se observar crescimento demográfico considerável, devido aos investimentos realizados pelo governo do estado de Minas Gerais na região do Vetor Norte Metropolitano, principalmente através das melhorias em termos de infraestrutura. Conseqüentemente com o crescimento do município, este passou a gerar uma maior quantidade de resíduos sólidos, fazendo com que os trabalhos de gerenciamento se tornassem mais intensos.

## 2.2 A COPARE

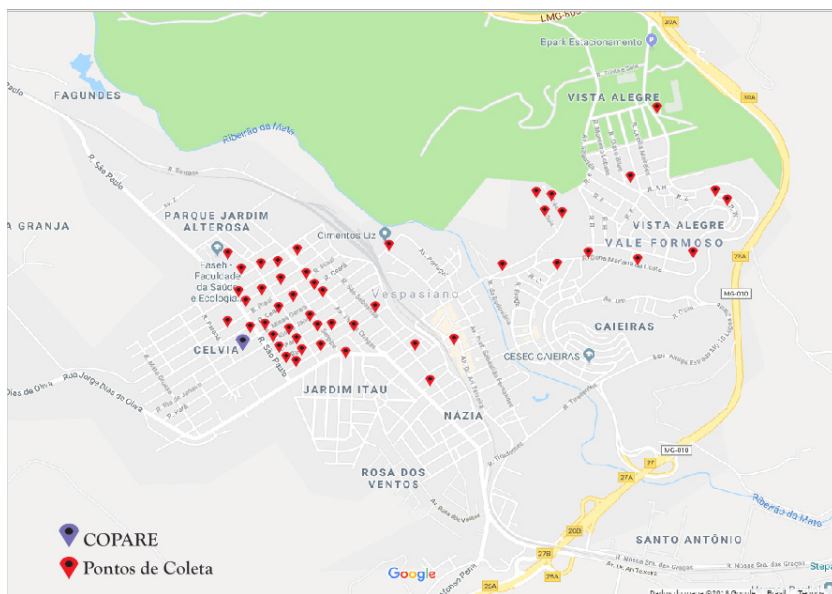
A COPARE foi fundada em 1993 pelo pároco da cidade de Vespasiano/MG, Pe. Lauro Elias de Oliveira. A Cooperativa foi criada como forma de auxiliar na geração da renda das famílias mais necessitadas do município, além de reduzir a geração de resíduos sólidos que seriam descartados no ambiente. Desde a sua fundação até os dias atuais, a cooperativa optou por não criar um processo de seleção dos colaboradores, partindo do pressuposto de que qualquer pessoa que necessitava de emprego, seja atuante na área de recolhimento de resíduos sólidos ou não, é considerada apta para ser recrutada. Antes da sua fundação, não havia uma organização ou companhia que atuasse na triagem, recolhimento e envio para reciclagem dos resíduos sólidos dentro do município de Vespasiano.

Todos os funcionários atuantes da cooperativa possuem a carteira assinada, sendo que esta é assinada e registrada pela Associação da Paróquia de Vespasiano (ASPAV) e todos recebem gratificações pelos seus serviços, recebendo um salário mínimo/mês, em valores ajustados pelo Ministério do Trabalho do Brasil, além de uma cesta básica de alimentos.

Inicialmente, a COPARE começou com as suas atividades atendendo a empresas residentes nos municípios de Vespasiano e São José da Lapa, mas, com o passar dos anos, a cooperativa também passou a atender famílias em diferentes bairros do município que desejavam fazer uma destinação correta dos resíduos domésticos. Desde a sua fundação, os resíduos recebidos pela cooperativa consistem principalmente em derivados de papel e papelão (caixas e recipientes), além de plásticos (como as garrafas PET) e vidro.

A coleta realizada em Vespasiano atende aos bairros: Célia, Caieiras, Central Park, Centro, Fagundes, Jardim Alterosa, Jardim Itaú, Názia e Vista Alegre, conforme mostrado pela Figura 7.1. A coleta nos bairros é feita todas as terças e quintas-feiras. A coleta de materiais recicláveis nas empresas localizadas no município é feita nas segundas, quartas e sextas-feiras.

**Figura 7.1** — Bairros no município de Vespasiano atendidos pela COPARE e os pontos de coleta específicos



Fonte: De autoria própria (adaptado de Google Maps, 2018)

Após serem coletados, os resíduos passam por um processo de triagem, já que esses, muitas vezes, são encaminhados à cooperativa sem separação adequada. Os funcionários fazem a segregação de acordo com a classificação e acondicionam em *big bags*, conforme demonstrado pela Figura 7.2, para posterior compactação e encaminhamento às empresas de reciclagem. O único tipo de material que não passa pelo processo de compactação é o vidro, sendo apenas separado dos outros materiais e inserido em um recipiente exclusivo.

**Figura 7.2** — Resíduos segregados em *big bags* (esq.) e processo de compactação de plástico (dir.)



Fonte: De autoria própria (2018)

Após a compactação, os fardos são colocados em uma área de armazenamento. São produzidos aproximadamente 12 fardos de materiais compactados por dia, pesando cerca de 250 kg cada. Em épocas de maior geração, a quantidade de material chega a 15.000 kg. Semanalmente a COPARE processa e comercializa aproximadamente 25 fardos (equivalente a 6.500 kg) de plástico, papel e papelão. Em relação ao vidro, a quantidade semanal é cerca de 1 tonelada.

## 2.3 Comparativos com outros municípios brasileiros

Os dados sobre a coleta seletiva variam muito no país, devido às tantas diferenças entre as regiões brasileiras. As Tabelas 7.1 e 7.2 apresentam algumas diferenças relacionadas à coleta seletiva quando comparadas às medianas do município de Vespasiano/MG com a de municípios mineiros e brasileiros. Apesar da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, é possível notar divergências e variações na consolidação dos dados sobre a coleta seletiva nos municípios brasileiros.

Tabela 7.1 — Quantidade de resíduos encaminhados para a coleta seletiva dividida pela população

Local*	N	Média	D.P.	Mín.	2Q	Máx.	Valor p
Brasil	1138	0,048	0,095	0,000	0,017	1,377	<0,0001
Vespasiano	1	0,001	NA	0,001	0,001	0,001	-
Minas Gerais	159	0,037	0,065	0,000	0,014	0,556	<0,0001
Municípios brasileiros (pop>250,000)	80	0,018	0,047	0,000	0,005	0,288	<0,0001
Municípios brasileiros (pop>35,000 e pop<45,000)	61	0,037	0,062	0,000	0,014	0,324	<0,0001
Municípios mineiros (pop>250,000)	7	0,003	0,001	0,001	0,003	0,005	0,0156
Municípios mineiros (pop>35,000 e pop<45,000)	11	0,042	0,094	0,002	0,013	0,324	0,001

Fonte: De autoria própria (adaptado de SNIS, 2016)

Tabela 7.2 — Taxa de cobertura da coleta seletiva

Local*	N	Média	D.P.	Mín.	2Q	Máx.	Valor p
Brasil	1214	70,82	33,66	1,00	93,81	100,00	<0,0001
Vespasiano	1	100,00	NA	100,00	100,00	100,00	-
Minas Gerais	171	66,36	33,10	1,05	73,37	100,00	<0,0001
Municípios brasileiros (pop> 250,000)	77	45,04	37,36	1,00	28,78	100,00	<0,0001
Municípios brasileiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	62	73,50	30,54	1,01	90,95	100,00	<0,0001
Municípios mineiros (pop> 250,000)	6	32,81	13,73	15,02	34,82	47,37	0,0313
Municípios mineiros (pop> 35,000 e pop<45,000)	11	63,93	24,32	33,50	49,95	100,00	0,009

Fonte: De autoria própria (adaptado de SNIS, 2016)

A Tabela 7.1 indica o baixo valor da quantidade de resíduos recicláveis em relação à população do município de Vespasiano, sendo o valor mediano inferior em todas as comparações com os demais municípios (todas as diferenças foram estatisticamente significativas — valor p inferior a 0,05). A mediana dos municípios brasileiros e mineiros foi de 0,017 e 0,014, respectivamente, enquanto o dado de Vespasiano foi de 0,001. Os valores encontrados no município de Vespasiano aproximam-se apenas dos valores apresentados pelos municípios mineiros com população acima de 250.000 habitantes, o que retrata um desafio dos grandes centros urbanos em consolidar o aproveitamento dos resíduos para a coleta seletiva. Os maiores valores das medianas apresentadas na Tabela 7.1 são referentes aos dados de todos os municípios brasileiros e mineiros, que foram cerca de 20 vezes superiores aos dados do município de Vespasiano.

Por outro lado, observando a Tabela 7.2, é apontada a cobertura da coleta dos resíduos recicláveis pelo município de Vespasiano como integral, ou seja, declarado como 100%. Esse valor é muito superior em todas as comparações, sendo todas as diferenças estatisticamente

significativas (valor p inferior a 0,05). As maiores coberturas observadas no país estão registradas nos municípios brasileiros gerais e quando se delimita a população entre 35.000 e 45.000 para todos os municípios brasileiros, com valores de 93,81% e 90,95% de mediana, respectivamente. Observa-se que os valores de Minas Gerais são inferiores, sendo 73,37% para todos os municípios mineiros, e quando delimitados por estratos populacionais, os valores da cobertura nos municípios mineiros ficaram inferiores a 50%.

### 3 Discussões

As diferenças apontadas nas Tabelas 7.1 e 7.2 podem estar associadas a inúmeros fatores, como a maneira com que a gestão dos resíduos ocorre nos municípios, a existência de alguma regulamentação municipal específica ou a forma como ocorre a manutenção das atividades da coleta seletiva. Outro fator importante é a participação popular nesse processo, principalmente através da segregação dos resíduos. Vale ressaltar que os dados indicam que a alta cobertura da coleta seletiva em Vespasiano/MG não se converte em quantidade de resíduos efetivamente encaminhados à coleta seletiva, conforme os dados do SNIS, sugerindo um contexto a ser avaliado em maior detalhe, pois aponta um resultado divergente do esperado. Elevados valores de cobertura de coleta seletiva em condições ideais deveriam influenciar nos maiores valores da relação quantidade de resíduos encaminhados à coleta seletiva divididos pela população.

Ao se comparar os valores de cobertura da coleta seletiva, a partir da base do SNIS, os autores Almeida e Mol (2020) e Souto e Mol (2020) encontraram, para os municípios como Belo Horizonte e Igarapé, ambos localizados em Minas Gerais, valores da ordem de 15 e 80%, respectivamente. De fato, os valores registrados pelos municípios Vespasiano e Igarapé mostram-se superiores à média nacional (70,8%) e estadual (66,4%), indicando favorecimento de consolidação do processo de coleta seletiva. Contudo esses dados precisam ser melhor avaliados na prática, visando confirmar se convergem com a realidade dos municípios estudados.

Sabe-se que os dados disponíveis pelo SNIS são autodeclarados, ou seja, os próprios gestores municipais fazem o lançamento das informações. Por isso, é possível a existência de inconsistências, ainda que o Ministério das Cidades informe que realiza um trabalho de apuração das informações lançadas, através dos técnicos responsáveis por coordenar a alimentação da base de dados que contactam os gestores dos municípios visando identificar divergências, inconsistências ou dados lançados de forma incorreta. Deve-se levar em consideração o viés da informação autodeclarada pelo município, uma vez que nem sempre os gestores compreendem exatamente cada informação requisitada.

Quando se avalia, de forma geral, o processo de consolidação da coleta seletiva nos municípios, Bringhenti (2004) relatou que as experiências nos municípios de Florianópolis/SC e Porto Alegre/RS obtiveram um início semelhante ao registrado no município de Vespasiano/MG, uma vez que também tiveram início em bairros específicos, com o apoio da população e, posteriormente, se expandiram a ponto de alcançar elevados índices de cobertura da coleta seletiva. Também foi observado que a coleta era inicialmente realizada de porta a porta e, posteriormente, foram instalados pontos de entrega voluntários.

Em outra experiência realizada no município de Vitória/ES, o início do processo de implantação da coleta seletiva foi problemático, pois até então os resíduos sólidos eram descartados em um lixão nas proximidades do município, dificultando a mudança de hábito da população em relação à segregação dos resíduos. Com o fechamento do lixão, os catadores da cidade se uniram em um sindicato e deram início aos trabalhos formais de coleta seletiva. Com o passar dos anos, o sindicato dos catadores recebeu o apoio pastoral e social da Igreja de São Francisco de Assis, incluindo ainda as famílias dos membros associados no processo de formação espiritual e cidadã (BRINGHENTI, 2004). Esse mesmo tipo de apoio foi observado na experiência da COPARE, em Vespasiano.

Almeida e Zaneti (2015) também reforçaram a importância dos catadores no processo de consolidação da coleta seletiva no âmbito mu-

nicipal, considerando que, ao gerar a receita através da comercialização dos resíduos recicláveis, eles passam a buscar sempre mais materiais e aprimorar o processo de triagem dos resíduos. Portanto, os autores recomendam a viabilização de maiores alternativas de apoio às associações de catadores, por meio do fornecimento de infraestrutura de trabalho que permita a valorização desses trabalhadores, de forma a reduzir a informalidade, melhorar as condições de trabalho e gerar uma remuneração adequada aos catadores.

É interessante destacar que, conforme relato dos cooperados da COPARE, mesmo completando mais de duas décadas de atuação e com o crescimento da demanda de materiais recicláveis, a coleta seletiva ainda não conseguiu atender ao município de forma completa. Destaca-se o empenho da população e dos órgãos públicos e privados, que conseguiram favorecer a ampliação dos pontos de entrega de resíduos. Foi relatado pelos cooperados que, por ser uma cooperativa fundada por membros da Igreja católica, o maior público apoiador acaba sendo a parcela da comunidade católica no município.

Quando se discute sobre a difusão das informações sobre a coleta seletiva entre os membros da comunidade, Santos (2004) reforça que o sucesso da coleta seletiva no caso do município mineiro de Coronel Xavier Charles revelou que mesmo com a presença de uma usina de triagem e compostagem para auxiliar no gerenciamento dos resíduos sólidos gerados no município, uma parcela considerável da população não possuía conhecimento de que os catadores necessitavam dos resíduos separados. Por isso, a maior parte dos resíduos chegavam misturados e isso dificultava o trabalho de triagem. Em comparativo com a experiência relatada pelos cooperados da COPARE, os resíduos separados em Vespasiano chegam de forma considerada adequada, contando com o apoio da comunidade que, segundo o relato dos cooperados, possui o conhecimento das atividades realizadas pelo cooperados e dos tipos de resíduos que são manuseados. Tal fator é determinante para que o trabalho seja bem-sucedido.

Outra realidade semelhante à dos trabalhadores da COPARE foi relatada no município mineiro de São João Batista do Glória. Collares (2010) avaliou a efetividade do programa de coleta seletiva implantado no município e revelou que, antes do início, os trabalhadores da usina

de triagem do local tinham muitas dificuldades em segregar os resíduos, confirmando que sem a sensibilização prévia da comunidade quanto à importância da coleta seletiva, a efetividade do trabalho era prejudicada. Após a implementação do programa, que contemplou a realização de palestras para a comunidade a respeito da importância da coleta seletiva e palestras voltadas para os trabalhadores, destacou-se a importância do trabalho exercido pelos envolvidos e isso favoreceu a melhoria dos índices de coleta seletiva no município, além de ter aumentado a valorização das atividades dos trabalhadores.

Almeida *et al.* (2016) reforçam que a esfera pública não deve atuar apenas no gerenciamento dos resíduos, através da coleta e tratamento dos resíduos. Para que a coleta seletiva se consolide de forma integral, é imprescindível a inserção da população, e para isso é preciso a existência de um trabalho adequado de educação ambiental, incluindo os temas da preservação do meio ambiente de forma a chegar em toda a população, pensando-se em viabilizar as modificações necessárias nos padrões culturais e proporcionar mudanças no cotidiano.

A respeito da importância das associações e cooperativas nos trabalhos relacionados à coleta seletiva, Besen (2011), em seu estudo a respeito da inclusão dos catadores, revelou que a contribuição das 48 organizações de catadores localizadas na região Metropolitana de São Paulo foi demonstrada em inúmeras ações, desde o auxílio na redução da quantidade de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários até a inclusão social e melhorias na qualidade de vida dos seus membros. Tais características também se assemelham à experiência relatada pelos cooperados da COPARE.

Quando se discute a necessidade de mudanças de atitude da população, sempre há um dilema entre a atuação dos órgãos públicos e o reconhecimento da população sobre a responsabilidade individual. Para Almeida *et al.* (2016), a população precisa assumir uma postura ativa no contexto ambiental, independente das ações do Estado. Portanto, a proatividade deve ocorrer enquanto o Estado atua proporcionando infraestrutura adequada para aprimorar a eficiência na gestão de resíduos sólidos.

## 4 Considerações finais

O presente estudo avaliou o trabalho da COPARE e a sua importância para a implantação e o avanço da coleta seletiva no município de Vespasiano. Ao se comparar com outras experiências observadas em municípios brasileiros, destaca-se que a expansão e atuação da coleta seletiva em Vespasiano, em pouco mais de duas décadas, foi positiva, porém ainda não foi possível atender a todas as regiões do município. Por ter o apoio de uma instituição religiosa, foi relatado que o maior apoio efetivo é mesmo da comunidade vinculada à religião apoiadora, o que diminui o acesso das informações sobre a coleta seletiva a outras pessoas que seguem crenças religiosas distintas.

Para modificar esse cenário, é preciso uma maior divulgação das atividades da cooperativa, fazendo com que todos os cidadãos, independentemente das crenças, tomem conhecimento da importante atuação da cooperativa no município. Essa evidência sobre a abrangência da cobertura da coleta seletiva contraria os dados do SNIS que apontaram cobertura completa, sugerindo, assim, que esses dados podem apresentar algumas fragilidades.

Para os trabalhadores da cooperativa, os serviços prestados à comunidade, são bem-vistos, refletindo na quantidade e qualidade de resíduos que recebem, já devidamente separados e dispostos nos horários previstos para a realização da coleta. Os cooperados demonstraram conhecimento sobre como o trabalho com a coleta seletiva auxilia na redução da quantidade de resíduos sólidos que são enviados para aterros sanitários e, ainda, destacaram a importância de destiná-los para reúso e, assim, proporcionar benefícios ao meio ambiente. Outro fator de estímulo relatado foram os benefícios sociais e econômicos que os trabalhos proporcionam, como a inclusão no meio social e recebimento de pagamentos e benefícios mensais.

Portanto, conclui-se que é importante ampliar os olhares sobre o processo de coleta seletiva, bem como avaliar a percepção dos atores envolvidos neste processo, pensando em identificar os elementos estratégicos nesse processo.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2016. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

ALMEIDA, Valéria Gentil *et al.* Meio ambiente, população e gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU): estudo de caso de Perus/SP. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 186, 2016. ISSN: 2238-8869. DOI: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2016v5i1.p186-212>.

ALMEIDA, Valéria Gentil; ZANETI, Izabel Cristina B. B. Pessoas residuais e os resíduos das pessoas: problemas e perspectivas da inclusão socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 286, 2015. ISSN: 2238-8869. DOI: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2015v4i1.p286-300>.

ALMEIDA, Cláudia Maria Campos de; MOL, Marcos Paulo Gomes. Avaliação da coleta seletiva no município de Belo Horizonte, Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 1032-1047, 2020. ISSN: 0718-378X. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.69460>.

PINHEIRO, Eualdo Lima. **Minas Sem Lixões** - Projeto Estruturador Resíduos Sólidos PE17. Belo Horizonte: Governo de Minas Gerais, 2010. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/export/sites/default/educacao/parlamento\\_jovem/2011/docs/minas\\_sem\\_lixoes.pdf](https://www.almg.gov.br/export/sites/default/educacao/parlamento_jovem/2011/docs/minas_sem_lixoes.pdf). Acesso em: 17 fev. 2023.

BESEN, Gina Rizpah. **Coleta seletiva com inclusão de catadores:** construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. 2011. 275 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-28032011-135250/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BENEDITO, Braga *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p. ISBN: 85-7605-041-2.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, p. 3-7, 2010. ISSN: 1677-7042. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/08/2010&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=84>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos:** aspectos operacionais e da participação da população. 2004. 316 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

COLLARES, E. G. Avaliação da efetividade de um programa de coleta seletiva: o caso de São João Batista do Glória (MG). **Ciência et Praxis**, [S. l.], v. 3, n. 6, p. 63-68, 2010. Disponível em: <https://revista>.

uemg.br/index.php/praxys/article/view/2169. Acesso em: 17 fev. 2023.

CONKE, Leonardo Silveira; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 199-212, 2018. ISSN: 2175-3369. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.AO14>.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2015**. Relatório Técnico. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 30 jun. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/306009399\\_Panorama\\_Residuos\\_2015\\_MG](https://www.researchgate.net/publication/306009399_Panorama_Residuos_2015_MG). Acesso em: 17 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, Minas Gerais, Vespasiano, Panorama**. [s. d.]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vespasiano/panorama>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Coleta Seletiva**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>. Acesso em: 26 nov. 2018.

PINHO, Paulo Mauricio Oliveira. **Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia brasileira**. 2011. 249 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-02012012-132128/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. **IBGE**, [s. d.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-%20>

pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=destaques.  
Acesso em: 17 fev. 2023.

SANTOS, Fabiana Lúcia Costa. **Aspectos da mobilização social para a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**: o caso do município de Coronel Xavier Chaves-MG. 2004. 195 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: [https://www.smarh.eng.ufmg.br/diss\\_defesas\\_detalhes.php?aluno=129](https://www.smarh.eng.ufmg.br/diss_defesas_detalhes.php?aluno=129). Acesso em: 17 fev. 2023.

SEADON, J. K. Integrated waste management – Looking beyond the solid waste horizon. **Waste Management**, [S. l.], v. 26, n. 12, p. 1327-1336, 2006. ISSN: 0956-053X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.04.009>.

SOUTO, Suellen de Paiva; MOL, Marcos Paulo Gomes. Avaliação da coleta seletiva em um município brasileiro: estudo de caso em Igarapé/MG. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 104-116, 2020. ISSN: 0718-378X. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.1.64694>.

TCHOBANOGLIOUS, George; KREITH, Frank. **Handbook of Solid Waste Management**. 2. ed. New York: McGRAW-HILL, 2002. ISBN: 978-0-07-135623-7. Disponível em: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071356237>. Acesso em: 17 fev. 2023.

## CAPÍTULO 8

### PERSPECTIVAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SAÚDE (RSS): UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DIANTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Max Filipe Silva Gonçalves  
Maria Eduarda Cecílio Lopes  
Marcos Paulo Gomes Mol

#### Introdução

A destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil vem sendo um tema difundido nos últimos anos, uma vez que a necessidade de direcionar os resíduos para locais adequados está referenciada na legislação de 2010, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Diversos resíduos ainda são descartados inadequadamente, acarretando aumento da poluição e degradação ambiental. Entretanto o consumidor, vendedor, fabricante e governo são corresponsáveis pela geração de resíduos no Brasil, e essa responsabilidade deve ser um elemento favorável a um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (GONÇALVES, 2021).

É importante destacar que os resíduos sólidos podem se tornar matéria-prima de um novo processo de fabricação, (GONÇALVES *et al.*, 2019, 2018; GONÇALVES; CHAVES, 2014). Isso quer dizer que, mesmo

após descartado, um resíduo pode ser reaproveitado como fonte de energia, insumo ou matéria-prima de outro processo. O desafio seria viabilizar caminhos para operacionalizar esse gerenciamento e, assim, minimizar a perda associada com a geração dos resíduos sólidos.

Dentre as inúmeras atividades humanas geradoras de resíduos sólidos, a assistência à saúde representa um meio de proteger a saúde, curar pacientes e salvar vidas. Mas também geram resíduos, 20% dos quais acarretam riscos de infecção, de trauma ou de exposição química ou à radiação. Embora os riscos associados aos resíduos hospitalares perigosos e as formas e meios de gestão desses resíduos sejam relativamente bem conhecidos e descritos em manuais e outras literaturas, os métodos de tratamento e eliminação preconizados exigem recursos técnicos e financeiros consideráveis. A má gestão de resíduos pode comprometer o serviço de atendimento, afetando a saúde dos funcionários que lidam com esses resíduos, dos pacientes e de suas famílias e da população. Além disso, o tratamento ou descarte inadequado desses resíduos pode levar à contaminação ou poluição ambiental (HOSSAIN *et al.*, 2021).

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) devem ser estudados com o objetivo de minimizar seus danos e impactos. Poucos estudos foram publicados sobre a geração de resíduos de saúde, entretanto Mol *et al.* (2022) propuseram uma revisão abrangente na qual foi utilizada uma análise estatística para entender a taxa de geração de resíduos de saúde dos hospitais, analisando as diferenças regionais identificadas em um cenário global.

Os RSS incluem materiais produzidos no decurso da proteção da saúde, tratamento médico e pesquisa científica. As principais fontes desse tipo de resíduo são hospitais, clínicas, centros de saúde, laboratórios de diagnóstico e pesquisa, centros de autópsia, centros de transfusão e hemodiálise, asilos e necrotérios. Os resíduos hospitalares também são produzidos em quantidades menores, como em consultórios de clínica geral e odontológica, quiropráticas, acupuntura, atendimento domiciliar ao paciente, programas de redução de danos para dependentes químicos e agentes funerários. Uma parcela dos RSS

é semelhante ao resíduo domiciliar e consiste em papel, embalagens de papelão, vidro, restos de alimentos e outras substâncias inertes. A outra porção é considerada resíduo perigoso e contém materiais tóxicos, nocivos, cancerígenos e infecciosos (MARINKOVIĆ *et al.*, 2008).

Portanto, o presente estudo buscou avaliar as perspectivas dos RSS no Brasil, com abordagem interdisciplinar diante da legislação brasileira. Considerando os desafios encontrados na implantação de métodos eficientes para operacionalização da logística reversa de RSS, este trabalho pode colaborar com uma visão interdisciplinar, elencando elementos importantes para avaliação e tomada de decisão de gestores de empresas do segmento, bem como base de estudo para pesquisadores dessa área.

Embora haja literatura consolidada sobre o tema em estudos nacionais, faltam evidências que indiquem modelos eficazes de logística reversa de medicamentos no país (SILVA *et al.*, 2022). Portanto, é importante estudar não apenas os resíduos, mas também os geradores. Normalmente, os hospitais são os responsáveis pelo maior volume gerado de RSS, e suas taxas de geração estão relacionadas à quantidade de pacientes atendidos, número de leitos disponíveis, tipo de atividade realizada, se possui Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) e o porte das cirurgias realizadas no estabelecimento. Por exemplo, em um trimestre, uma UTI Adulto é possível gerar mais de 1 tonelada de resíduos, sendo que no mínimo 500 kg são de resíduos infectantes, mais de 30 kg de perfurocortantes e os demais são comuns (GONÇALVES *et al.*, 2019).

## 1 Motivadores da Logística Reversa (LR)

A definição de logística reversa (LR) tem sido abordada por diversos autores ao longo dos anos e, mesmo que os conceitos sejam tratados de maneiras diferentes, convergem para o mesmo sentido. Embora esteja presente há muito tempo, é difícil datar o surgimento do termo com precisão. O conceito é relativamente novo quando observado do ponto de vista acadêmico e o seu surgimento na literatura ocorreu nos anos

1970, mesmo assim bastante incorporado às questões de reciclagem de resíduos sólidos.

A atividade de LR é importante pois assegura o direcionamento adequado dos resíduos, permitindo a coleta e encaminhamento para reciclagem e gestão de materiais perigosos, com uma perspectiva ampla que envolve inclusive a minimização da geração de resíduos, substituição, otimização de recursos e manejo adequado dos resíduos sólidos (BRITO; DEKKER, 2004). Para que se inicie o processo de logística reversa dos resíduos sólidos, é necessário haver pelo menos um motivador, algo que impulse os elos envolvidos a participarem do retorno. Portanto, é possível destacar três impulsionadores da LR, que poderiam ser denominados também como direcionadores.

O motivador econômico refere-se aos potenciais ganhos financeiros, ou seja, após a implantação da rede, o retorno financeiro será por meio da receita obtida a partir da venda do resíduo. Normalmente, não há incentivo governamental para a implementação de uma rede. As empresas envolvem-se em atividades de logística sem apoio e contando apenas com o retorno de investimento em longo prazo. Nesse caso, aspectos técnicos devem ser observados, visto que ações mapeadas e otimizadas devem acontecer para garantir baixo custo do manejo dos resíduos (GONÇALVES *et al.*, 2022). É importante evidenciar, por exemplo, como seria um bom projeto de produto/embalagem, viabilizando ser bom para o consumidor e para o meio ambiente paralelamente. Na medida em que as ameaças ambientais são potencializadas por produtos descartados de forma inadequada, também deve ser observada a obsolescência programada dos produtos projetados. Necessário também reconhecer a importância do valor da matéria-prima que se perde e do dano ambiental que se impõe quando os produtos são fabricados a partir de materiais extraídos, usados e depois descartados em um único ciclo (KANE *et al.*, 2018).

O motivador legal, refere-se a uma obrigação por força de lei, decreto, acordo coletivo, ou algo semelhante, que venha forçar uma empresa ou algum elo da cadeia a realizar a logística reversa. Essas obrigações podem sofrer alterações de acordo com a região e com o tipo de resíduo a ser manejado. Dentre os aspectos legais de gerenciamento de resíduos sólidos, o marco brasileiro é a Política Nacional dos Resíduos

Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, que preconiza ações ordenadas para destinação ambientalmente correta de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Estudos sobre os motivadores legais da logística reversa podem ser observados em pesquisas que se fazem cada vez mais presentes, uma vez que a necessidade de regulação aumenta gradativamente. Exemplo disso é associar e identificar interseções entre normas e legislação (PORTUGAL; MORAES, 2020). E há também trabalhos que buscam compreender mais detalhes sobre a gestão de RSS (MELO JÚNIOR *et al.*, 2021).

Existe um outro tipo de motivador, que contempla aspectos socioambientais e que são sustentados por necessidade comercial, exigindo uma nova postura de preocupação das empresas com meio ambiente e impacto social.

## 2 Abordagem técnica da Logística reversa no contexto dos resíduos de serviços de saúde

### 2.1 Classificação dos resíduos

É importante classificar adequadamente os resíduos para a execução dos procedimentos de gerenciamento até sua disposição final a fim de atender à PNRS 12.305/2010. Essa lei institui que resíduos sólidos podem ser classificados quanto à sua origem ou à atividade que os geraram, a sua natureza e composição e o seu nível de periculosidade, ou os potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública que possam acarretar.

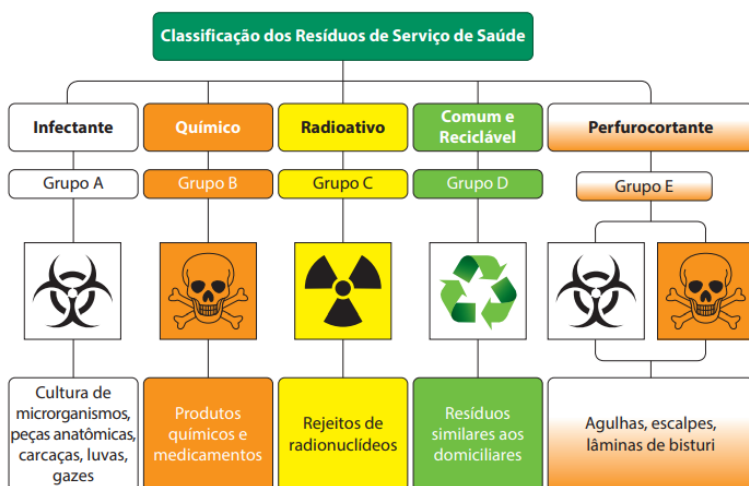
Os resíduos classificados como perigosos possuem características que podem colocar em risco as pessoas que os manipulam diretamente ou as que venham a ter algum outro tipo de contato com o resíduo, bem como o meio ambiente. Define-se como resíduo perigoso todo resíduo que apresenta uma das seguintes características: corrosividade, inflamabilidade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade. Esses resíduos são provenientes principalmente de indústrias, hospitais e clínicas e atividades no campo. Dentre os resíduos que possuem características que os tornam perigosos à saúde pública e ao meio ambiente, é possível destacar como exemplo: produtos químicos

(tóxicos, corrosivos, inflamáveis, medicamentos, pilhas e baterias, solventes etc.); resíduos com contaminação biológica (patogênicos); radioativo etc.

Já os não perigosos podem ser subdivididos em 2 classes, os inertes e não inertes. A classificação considera os aspectos físico-químicos, biológicos, qualitativo e/ou quantitativo, não apresentando as características inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade e nem apresentam o risco de desencadear uma reação química. Embora não perigosos, exercem impacto no meio ambiente, caso não sejam destinados adequadamente.

A Resolução CONAMA n° 358/2005, norma que regulamenta o gerenciamento de RSS, assemelha-se à PNRS, determinando que a responsabilidade do descarte adequado dos serviços de saúde seja compartilhada, envolvendo todos os elos, desde o responsável legal pelo local da geração até os transportadores e operadores das instalações de tratamento e disposição final. Diante da variedade de RSS, a RDC 222/18 define cinco grupos conforme a Figura 8.1.

**Figura 8.1** – Classificação dos RSS



Fonte: Adaptado de FERREIRA *et al.* (2022)

Essa classificação é importante para o gerenciamento adequado da rede de logística reversa. A separação favorece o direcionamento

ambientalmente correto dos resíduos gerados, independentemente do gerador. Entretanto é necessário assegurar uma fiscalização regular evitando inconsistências no fluxo reverso.

## 2.2 Processo de logística reversa

Inicialmente, os resíduos contemplados na PNRS passíveis de implementação da LR são: agrotóxicos e seus derivados; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes e seus resíduos/embalagens; lâmpadas fluorescentes, vapor de sódio, mercúrio e luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Posteriormente, novos acordos setoriais foram firmados inserindo novas cadeias como as de medicamentos, embalagens plásticas e outros tipos de resíduos passíveis de LR. Com o avanço tecnológico, é esperado que novos resíduos sejam também incorporados nesse rol.

Portanto, quando se discute a LR no contexto dos RSS, parte-se do pressuposto que os estabelecimentos de saúde são geradores de resíduos contemplados nessa lista prevista pela PNRS e, dessa maneira, são obrigados a atuar na implementação da LR para esses resíduos. De maneira complementar, a oportunidade de consolidar cadeias de LR prevê a evolução dos mecanismos de gerenciamento de resíduos, sendo essa uma oportunidade única para a consolidação de melhorias no processo de gerenciamento dos RSS, especialmente devido aos riscos ambientais e à saúde já mencionados neste capítulo.

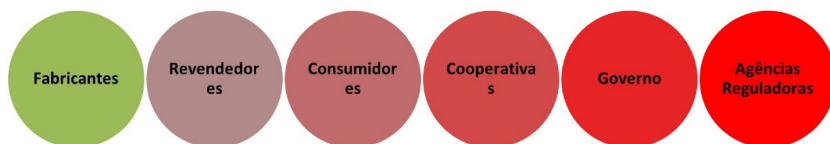
Para que o processo de logística reversa de RSS aconteça, é necessário destacar as etapas que fazem parte, considerando desde a coleta, separação, transporte, armazenamento e destinação. Esta parte técnica, inclusive, é amparada pela PNRS e também pela RDC 222/2018, que descreve o que deve constar em um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde (PGRSS).

Um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deve contemplar as etapas do manejo, desde a segregação, detalhando sobre o acondicionamento, identificação, transporte e a descrição do gerenciamento dos resíduos, bem como as informações dos geradores.

Uma rede de logística reversa é composta por uma série de atividades e envolve variadas decisões, dentre as quais destacam-se a determinação do número de instalações logísticas necessárias, suas capacidades e respectivas localizações, cujo planejamento constitui um problema complexo de se resolver (PISHVAEE *et al.*, 2010). O planejamento de uma rede logística reversa é importante no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos. No entanto, as decisões referentes ao número de instalações, suas localizações, suas capacidades e o fluxo entre elas afetam, de maneira direta, os custos totais da rede logística reversa.

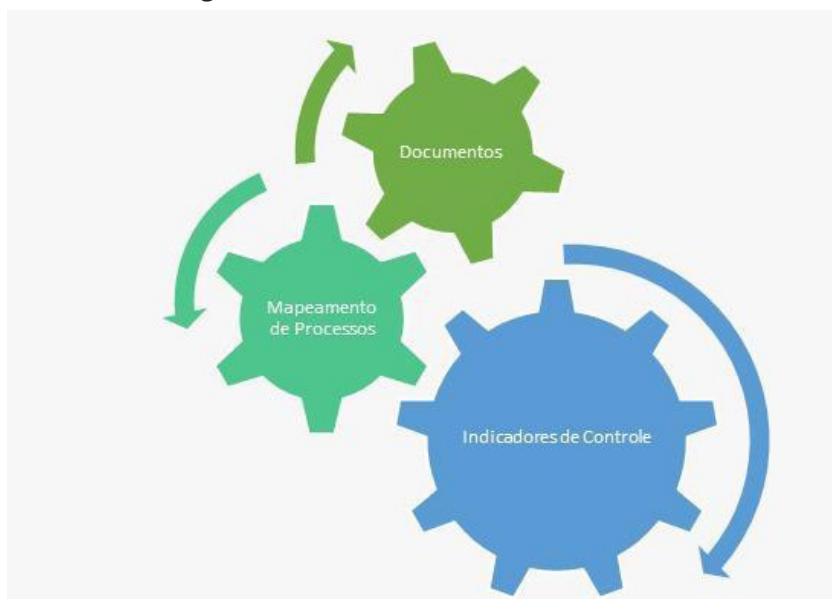
A Figura 8.2 apresenta os elos envolvidos nos sistemas de logística reversa, considerando as novas determinações da Lei nº 12.305/2010. É importante destacar que as relações entre os elos possuem interrelações específicas com o fluxo financeiro, fluxo de informações e trocas de serviços (COUTO; LANGE, 2017).

**Figura 8.2** — Elos da Logística Reversa



Fonte: De autoria própria (2022)

Para operacionalização da LR no contexto dos RSS, é necessário assegurar o controle de todas as etapas de manuseio. Dividindo em elementos, o controle pode ser resultado da correlação entre o mapeamento dos processos para definição de responsabilidades e a geração de documentos para controle dos indicadores. A Figura 8.3 traz uma representação de engrenagem, pois os indicadores geram a necessidade de documentos que, por sua vez, asseguram o controle dos processos ora mapeados.

**Figura 8.3** — Elementos de Controle da LR

Fonte: De autoria própria (2022)

O controle pode ser feito por documentos como NF, recibos, romaneios e demais registros que servem para conferência de quantidade, medidas temporais e origem e destino do resíduo. Diante da importância de controlar as atividades da LR, não apenas a utilização do histórico gerado com essas informações, mas o mapeamento de fluxos desses processos é de suma importância.

Ao mapear um processo, o controle de todas as atividades pode ser garantido, uma vez que os desperdícios são destacados, os trabalhos são otimizados e as responsabilidades são definidas. O mapeamento do processo visa controle e padronização do processo, melhora o desempenho e identifica gargalos.

Quando cada elo da rede de logística reversa tem suas responsabilidades definidas, a estrutura de atuação torna-se mais efetiva. Os níveis de responsabilidades são definidos usando representações gráficas como fluxograma, gráfico de processo, diagrama de fluxo de trabalho/negócio, são vários tipos de nomenclaturas com o objetivo de identi-

ficar, simplificar e documentar as etapas que compõem o processo de cada elo da rede (FONSECA; BARREIROS, 2017).

Os indicadores para gerenciamento da LR é um conjunto de métricas para avaliar a performance ou desempenho dos elos da rede. Após definição das suas respectivas responsabilidades, os documentos utilizados para controle serão a base de informações dos indicadores. Além do resultado, o indicador apresenta a meta estabelecida e é baseado nessas medidas que os responsáveis pelos processos podem intervir, caso não haja cumprimento do objetivo proposto para cada indicador. Materiais de suporte já foram elaborados no âmbito acadêmico, e os processos ainda precisam ser contemplados e aprimorados (MOL *et al.*, 2016).

### 2.3 Tomada de decisão em LR

A tomada de decisão em logística reversa deve ser baseada em critérios técnicos, mas com embasamento jurídico. Isso significa que um modelo matemático será criado para atender a objetivos técnicos (custo, tempo etc.), mas serão consideradas as normas, leis, decretos ou acordos setoriais para a delimitações e restrições. A modelagem matemática é utilizada como uma alternativa para expressar fatos e que podem ajudar no processo da tomada de decisões. A modelagem permite a simulação de processos e de cenários com a introdução de índices de desempenho que permitam quantificar os custos e benefícios da implementação do sistema. É uma ferramenta importante para expressar formalmente problemas, procurando encontrar soluções ótimas ou viáveis que possam ajudar no processo de tomada de decisões. Pode trazer como resultado a recomendação de como fazer uso dos recursos de forma eficiente, o que acarreta redução de custos com a otimização da movimentação de cargas de produtos novos ou usados e também de resíduos.

Um problema da localização preocupa-se em estudar uma área específica a partir das unidades de distribuição de produtos ou de prestação de serviços. O objetivo desses problemas é determinar a

quantidade e a localização ideal dessas unidades de forma a atender da melhor maneira possível a um conjunto de usuários cuja localização é conhecida (FERRI *et al.*, 2017). Outra ferramenta que pode ser utilizada para uma assertiva tomada de decisão é a roteirização, que procura obter as melhores rotas para atender a determinados clientes, minimizando o custo ou tempo de viagem com uma frota homogênea ou heterogênea com capacidades conhecidas. Isso pode ser muito útil quando se trata de grandes cidades e de resíduos com alto grau de periculosidade, pois sua exposição pode colocar em risco as pessoas que o cercam.

Considerando que o dimensionamento da rede de logística reversa tem como fator-chave a quantidade de oferta do resíduo, uma das formas de otimizar os recursos é aplicar estratégias para tomada de decisão buscando formatar modelos que priorizem melhores formas de descarte (AGRAWAL; SINGH, 2019; NANAYAKKARA *et al.*, 2022).

Em 2020, em decorrência do aumento no número de internações hospitalares e atendimentos de saúde por conta da pandemia da covid-19, cerca de 290 mil toneladas de RSS foram coletadas nos municípios brasileiros, com um índice de coleta *per capita* em torno de 1,4 kg por habitante no ano (ABRELPE, 2021). A geração de RSS pode variar de acordo com o desenvolvimento econômico do país, como consequência da preparação e suporte médico oferecido e a utilização de materiais na área. No Brasil, a região que mais descarta esse resíduo é a Sudeste, onde se encontra a maior concentração de renda do país. Isso reforça que a geração de RSS está de fato associada com o desenvolvimento econômico do país.

Há pressão para lidar com devoluções de produtos após o fim de vida devido a regulamentos governamentais, preocupações ambientais e responsabilidade social. Uma das formas de lidar com ambos os tipos de retornos é adaptar e implementar as melhores práticas de LR. Existe crescimento do consumo e redução do ciclo de vida do produto, tornando o mercado competitivo, mas trazendo desafio na destinação dos resíduos (AGRAWAL; SINGH, 2019).

Por fim, para respaldar a tomada de decisão na LR, a Análise de Decisão Multicritério pode ser utilizada para minimizar riscos e ampliar

o escopo de avaliação usando um cenário com variáveis internas e externas (GU *et al.*, 2021; HAJI VAHABZADEH *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2019). A tomada de decisão nas operações de logística reversa envolve o tipo de recuperação a ser realizada para devoluções, o local para realizar a recuperação, o modo de transporte e o preço das peças recuperadas (SENTHIL *et al.*, 2018).

Apesar da crescente conscientização entre os profissionais, os conceitos de vulnerabilidade da cadeia de suprimentos e sua contrapartida gerencial de gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos ainda estão em sua concepção. Portanto, para selecionar a medida de robustez apropriada e adaptar a abordagens de mitigação, os riscos da cadeia de suprimentos devem ser priorizados.

### 3 Abordagem jurídica da logística reversa dos resíduos sólidos

A PNRS preconiza princípios básicos para o desenvolvimento ambiental, entre os quais se destacam a caracterização do resíduo sólido como sendo reutilizável ou reciclável como um bem econômico e de valor social; a geração de trabalho e renda e promoção de cidadania; estímulo à aplicação de padrões sustentáveis de produção e consumo; responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, atribuindo a política do poluidor-pagador e o protetor-recebedor.

Nesse sentido, a primeira diferenciação a ser evidenciada é sobre o resíduo e rejeito: resíduo 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”. Rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não

apresente outra possibilidade que não a disposição final, ambientalmente adequada. O art. 3º, incisos XV e XVI, da Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos diferenciam as terminologias de acordo com a sua destinação final dos resíduos. Em linhas gerais, enquanto para resíduos sólidos deve-se utilizar da melhor tecnologia disponível para o reaproveitamento do material descartado, para uma nova finalidade; os rejeitos não apresentam essa possibilidade, procedendo ao descarte final, devendo observar-se procedimentos ambientalmente adequados para seu fim.

A NBR 10004/04 define os resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades doméstica, hospitalar, industrial, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Também são considerados os fluídos ou lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, resíduos provenientes de equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos. Nessa norma, são elencadas as classificações dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Em 2018, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou a Resolução RDC nº 222 (revisão da RDC nº 306 de 2004) (BRASIL, 2018) que regulamenta as boas práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde alinhada com as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Esse alinhamento se dá em conjunto com a Resolução 275/2001, que estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos; a Resolução 358/2005, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde; a Portaria nº 280 do Ministério do Meio Ambiente, que institui o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) nacional, uma ferramenta *on-line*, em que o gerador presta informações sobre a movimentação de seus resíduos; a Resolução ANTT 5947/2021, da Agência Nacional de Transportes Terrestres, que atualiza as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos; a Norma Regulamentadora (NR) 32 de 2005 do Ministério do Trabalho e Previdência do Brasil, que dispõe

sobre Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde; a Instrução Normativa nº 13 de 2012 e nº 1 de 2013, ambas editadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que publica a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, a qual será utilizada pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental e pelo Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, bem como por futuros sistemas informatizados do Ibama que possam vir a tratar de resíduos sólidos; a ABNT NBR 12.809/2013, que dispõe sobre resíduos de serviços de saúde — gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento.

É importante observar os preceitos das normas que promovem a segurança e proteção do trabalhador para que os acidentes, contaminações e outros riscos à saúde sejam minimizados. É obrigação do contratante fornecer equipamentos de proteção individual (EPIs), assegurando condições adequadas aos colaboradores, assim zelando pela integridade de sua equipe. Mas o colaborador também deve se comprometer a utilizar os EPIs adequadamente e sempre manusear resíduos com prudência e responsabilidade, conforme previsto na NR-6 do Manual de Segurança e Medicina do Trabalho, e também na NR-32, sobre Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde. No Brasil, a legislação abrange várias normas que garantem a saúde e a segurança do trabalhador que manuseia os resíduos. A RDC nº 222/2018 da Anvisa determina que as pessoas envolvidas diretamente com os processos de higienização, coleta, transporte, tratamento e armazenamento de resíduos devam ser submetidas a exame médico admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função, em conformidade com o estabelecido no PCMSO da Portaria nº 3214 do MTE (Ministério da Economia/Secretaria do Trabalho) (BRASIL, 2018).

A Anvisa cumpre missão de “regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam riscos à saúde pública” (Lei nº 9.782/99, capítulo II, art. 8º).

## 4 Considerações finais

Este estudo evidencia a complexidade da operacionalização da logística reversa e as características a serem observadas para planejamento, implementação e controle dos fluxos reversos. Questões como adequação à legislação, instrumentos de controle e indicadores de desempenho encorajam estudos e empenho dos *players* desse segmento.

Assegurar o descarte adequado de resíduos sólidos é algo desafiador não apenas para os geradores de resíduos, mas também para o governo. Apenas transferir a responsabilidade para o próximo elo da cadeia não é adequado e gera, portanto, a necessidade de promover uma sincronia entre os atores dessa cadeia reversa.

Observando elementos técnicos como classificação, processo de coleta, transporte, armazenamento e descarte, e os aspectos ambientais, são evidenciadas muitas características a serem gerenciadas. Diante da complexidade dessas variáveis, rastreabilidade, confiança e transparência são destacadas como fatores críticos para o processo de logística reversa.

Controlar o manuseio dos resíduos de forma efetiva, obedecendo à legislação e otimizando os recursos empenhados nesse processo é uma atividade essencial para o governo, meio ambiente e para os agentes da logística reversa.

A proposta de projeto integrado de logística reversa baseado em uma visão interdisciplinar, contemplando as perspectivas técnicas, jurídicas e ambientais, torna-se um desafio para os profissionais que atuam nessa área.

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

## REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh Kr. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: triple bottom line approach. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 150, p. 104448, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104448>.

BRASIL. Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 228-233, 2018. ISSN: 1677-7042.

BRITO, Marisa P.; DEKKER, Rommert. A Framework for Reverse Logistics. *In*: DEKKER, Rommert *et al.* (org.). **Reverse Logistics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 3–27. Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24803-3\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24803-3_1). Acesso em: 17 fev. 2023.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], v. 22, n. 5, p. 889-898, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017149403>.

FERREIRA, M. S; RUIZ, R. C.; MATTARAIA, V. G. M. **Fundamentos para Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde**. Comissão de Resíduos do

Butantã. 1. ed. São Paulo: Fundação Butantan, 2022. p. 14. Disponível em: <https://butantan.gov.br/assets/arquivos/Index/fundamentos.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

FERRI, Giovane Lopes *et al.* Modelos de Localização de Facilidades na Gestão de Resíduos Sólidos: uma Revisão Bibliométrica. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 40-56, 2017. Disponível em: [https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v3n2\\_4](https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v3n2_4). Acesso em: 17 fev. 2023.

FONSECA, Emmily Caroline Cabral da; *et al.* Proposta de mapa de processos de logística reversa de pós-consumo sob a ótica da política nacional de resíduos sólidos. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 83-89, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1601>.

GONÇALVES, M. F. S. *et al.* Evaluation of thermal plasma process for treatment disposal of solid radioactive waste. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 311, p. 114895, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114895>.

GONÇALVES, Max Filipe Silva; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. Perspectiva do Óleo Residual de Cozinha (ORC) no Brasil e suas dimensões na Logística Reversa. **Revista ESPACIOS**, [S. l.], v. 35, n. 8, p. 16, 2014. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a14v35n08/14350816.html>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GONÇALVES, Max Filipe Silva; CONCILIO, Alessandra Leite; SHIMADA, Rodrigo Daiske. Avaliação da estrutura da logística reversa do óleo residual de cozinha (ORC) em São Paulo. **Revista Gestão Industrial**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 70-86, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3895/gi.v14n4.7799>.

GONÇALVES, M. F. S.; PEREIRA, N. C.; TERENCE, M. C. Application of Reverse Logistics for the Recycling of Polypropylene Waste and Oyster Shell. **Defect and Diffusion Forum**, [S. l.], v. 391, p. 101-105, 2019. ISSN: 1662-9507. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.391.101>.

GU, Wei *et al.* Optimal strategies for reverse logistics network construction: A multi-criteria decision method for Chinese iron and steel industry. **Resources Policy**, [S. l.], v. 74, p. 101353, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.02.008>.

HAJI VAHABZADEH, Ali; ASIAEI, Arash; ZAILANI, Suhaiza. Reprint of "Green decision-making model in reverse logistics using FUZZY-VIKOR method". **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 104, p. 334-347, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.028>.

HOSSAIN, Md. Rajib; ISLAM, Md. Aminul; HASAN, Mehedi. Assessment of Medical Waste Management Practices: A Case Study in Gopalganj Sadar, Bangladesh. **European Journal of Medical and Health Sciences**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 62-71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34104/ejmhs.021.062071>.

KANE, G. M.; BAKKER, C. A.; BALKENENDE, A. R. Towards design strategies for circular medical products. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 135, p. 38-47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.030>.

MARINKOVIĆ, Natalija *et al.* Management of hazardous medical waste in Croatia. **Waste Management**, [S. l.], v. 28, n. 6, p. 1049-1056, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.01.021>.

MELO JÚNIOR, Daniel de Sousa *et al.* Gestão De Resíduos Sólidos De Serviços De Saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 1788-1812, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3313>.

MOL, Marcos Paulo Gomes *et al.* **Manual de Regulamento Orientador para a Construção dos Indicadores de Monitoramento, Avaliação e Controle de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS)**. Belo Horizonte: COPAGRESS, 2011. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.19752.57604>. Acesso em: 17 fev. 2023.

MOL, Marcos Paulo Gomes *et al.* Healthcare waste generation in hospitals per continent: a systematic review. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 29, n. 28, p. 42466–42475, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19995-1>.

NANAYAKKARA, Pamal R. *et al.* A circular reverse logistics framework for handling e-commerce returns. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, [S. l.], v. 5, p. 100080, 2022. ISSN: 27723909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100080>.

PISHVAEE, Mir Saman; FARAHANI, Reza Zanjirani; DULLAERT, Wout. A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. **Computers & Operations Research**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 1100-1112, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.09.018>.

PORTUGAL, Adilio Campos; MORAES, Luiz Roberto Santos. Aspectos Legais Quanto ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): Estudo Comparado Entre a RDC Anvisa nº 222/2018 e a RDC Anvisa nº 306/2004. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 101, 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/gesta.v8i1.34517>.

SENTHIL, S.; MURUGANANTHAN, K.; RAMESH, A. Analysis and prioritisation of risks in a reverse logistics network using hybrid multi-criteria decision making methods. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 179, p. 716-730, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.095>.

SILVA, Rodrigo Cimas da *et al.* Study on the implementation of reverse logistics in medicines from health centers in Brazil. **Cleaner Waste Systems**, [S. l.], v. 2, p. 100015, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100015>.

WANG, Han *et al.* An integrated MCDM approach considering demands-matching for reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 208, p. 199-210, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.131>.

## **PARTE 3 - OPORTUNIDADES VINCULADAS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

## CAPÍTULO 9

### PRODUÇÃO DE BIOGÁS EMPREGANDO BIOMASSA RESIDUAL DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Mariana Nunes Catapano  
Oeber de Freitas Quadros

#### Introdução

A crescente busca pelo desenvolvimento e incentivo de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável tanto de países desenvolvidos quanto em desenvolvimento é necessária, possibilitando com isso a criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala. Destaca-se que a produção de energia elétrica é considerada o setor mais poluente. Tal fato se deve à queima de combustíveis fósseis geradores de resíduos como óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono e particulados.

Desse modo, há um grande interesse em buscar materiais alternativos que proporcionem não só a substituição de matérias-primas não renováveis, mas também que possam contribuir para a redução ou reutilização de materiais tratados como resíduos orgânicos. O descarte dos resíduos sólidos de maneira inadequada torna-se um desafio às políticas públicas de gestão ambiental no Brasil. O manejo e o tratamento inadequado dado ao efluente produzido em um sistema

de produção torna-se uma fonte de contaminação do meio ambiente. Buscar utilizações viáveis no que diz respeito ao aproveitamento desses resíduos, além de trazer benefícios sustentáveis, traz consigo benefícios econômicos. Nessa percepção, há um grande interesse em buscar materiais alternativos que proporcionem não só a substituição de matérias-primas não renováveis, mas também que possam contribuir para a redução ou reutilização de materiais tratados como resíduos orgânicos. Tratando-se de efluentes orgânicos, tratamentos biológicos a fim de reutilização do resíduo podem transformá-lo em biofertilizante e até mesmo biogás.

O biogás trata-se de uma importante fonte de energia renovável, devido à sua composição básica ser o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), indicando um potencial de poluição 21 vezes superior ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) quando lançado na atmosfera, no que diz respeito ao efeito estufa (SANTOS; JUNIOR, 2013, p. 87), sendo que sua utilização na geração de energia leva a uma redução do potencial de poluição ambiental. Segundo Mathias *et al.* (2014), durante o processo de produção de cerveja, um subproduto que se destaca é o bagaço de malte, representando 85% do total de subprodutos gerados. Sendo esse, por vezes, descartado devido ao escasso conhecimento das características nutricionais e de suas aplicabilidades. Para Junior e Santos (2000), a digestão anaeróbia se caracteriza como o processo mais viável para a conversão de um resíduo em energia, sendo esse tipo de resíduo, por ser geralmente caracterizado por elevados percentuais de umidade, sólidos voláteis e elevada biodegradabilidade apresenta condições favoráveis à proliferação de organismos, ou seja, tem-se uma maior atividade microbiana e a deterioração de forma acelerada, tornando-se uma alternativa atrativa para esse tipo de resíduo.

Desse modo, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o potencial de produção de biogás gerado pela digestão anaeróbia do bagaço de malte residual do processo de produção de cerveja, apresentando neste projeto a criação de um biodigestor anaeróbio tipo batelada. E em função da sua utilização em área urbana e de modo higienizado, portátil e de fácil construção e manuseio.

## 1 O biogás

O biogás trata-se de uma importante fonte de energia renovável, devido à sua composição básica ser o gás metano, este provém de diferentes fontes da fermentação anaeróbia de resíduos orgânicos, entre elas estão os lodos originários de estações de tratamento de efluentes e resíduos da indústria alimentícia (SALVADORI *et al.*, 2012). Sendo esse um combustível gasoso com alto potencial energético. Dessa maneira, Prosab (2003) afirma que o uso do biogás permite a substituição ao GLP (gás de cozinha) e/ou à conversão em eletricidade. O biogás é constituído por diferentes gases, sendo os principais o metano e o dióxido de carbono, correspondendo a cerca de 65% e 35% da mistura respectivamente (METZ, 2013). Em linhas gerais, a constituição típica do biogás é a apresentada no Quadro 9.1.

**Quadro 9.1** — Composição típica do biogás

Gás	Símbolo	Concentração no biogás(%)
Metano	CH <sub>4</sub>	50 – 80
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	20 – 40
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	1 – 3
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	0,5 – 3
Gás sulfídrico e outros	H <sub>2</sub> S, CO, NH <sub>3</sub>	1 – 5

Fonte: LA FARGE (1979) citado por ROCHA (2016)

Toda matéria orgânica existente na Terra pode ser classificada como biomassa. A partir dela, pode-se gerar energia térmica e elétrica, produzir combustíveis, plásticos, resinas, solventes, adesivos etc. Essas utilizações da biomassa incorporam valor ao produto final, visto que se trata de um recurso renovável e que contribui para o equilíbrio das emissões dos gases do efeito estufa, ao contrário das fontes fósseis (RAMOS, 2014). Em vista disso, o aproveitamento do biogás como fonte

de energia e a utilização dos resíduos sólidos orgânicos como fonte de biogás apresentam grande importância na redução dos impactos ambientais antrópicos.

O poder calorífico do biogás depende da concentração de metano existente, situado na faixa de 5.000 e 6.000 kcal/m<sup>3</sup> (METZ, 2013). No Quadro 9.2, apresenta-se a equivalência energética entre o biogás e outras fontes de energia, demonstrando a potencialidade de uso.

**Quadro 9.2** — Equivalência Energética entre 1 m<sup>3</sup> de biogás e outras fontes de energia

Fonte Energética	Quantidade
Gás de cozinha	0,40 kg
Gasolina	0,61 a 0,70 L
Óleo diesel	0,55 L
Etanol	0,80 L
Carvão Vegetal	0,74 kg
Querosene	0,58 L
Energia Elétrica	1,25 a 1,43 kWh
Lenha	1,60 a 3,50 kg

Fonte: METZ (2013)

## 1.1 Beneficiamento do biogás

Com o objetivo de elevar o poder calorífico do biogás, este necessita passar por um processo de beneficiamento conforme a aplicação à qual será dada o biogás, onde a redução da concentração de H<sub>2</sub>S, de CO<sub>2</sub>, de umidade e/ou a elevação da pressão se tornam necessárias (ALVES, 2000). No Quadro 9.3, é possível visualizar uma gama de métodos de purificação para retirada desses componentes do biogás.

**Quadro 9.3** — Técnicas de purificação para remoção de componentes indesejados do biogás.

<b>Componente do Biogás a ser eliminado</b>	<b>Técnica utilizada</b>
<b>Água</b>	Ciclone Condensação Secagem Adsorção em sílica, carvão ativado e peneira molecular Absorção química, em soluções de glicol e sais higroscópicos
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Oxidação biológica aeróbia – precipitação Adição de FeCl <sub>3</sub> ao biodigestor Adsorção utilizando Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Adsorção em carvão ativado Absorção química em solução de NaOH Absorção química em solução contendo Ferro Separação por membranas Filtros biológicos Membranas permeáveis Peneiras moleculares
<b>CO<sub>2</sub></b>	Adsorção por mudança de pressão (PSA) Técnicas baseadas em absorção física Separação por membranas Absorção química Adição de propano Membranas permeáveis Criogenização

Fonte: NAJA *et al.* (2011) citado por ANGHEBEN (2017)

As etapas do processo de purificação desenvolvidas no presente estudo são apresentadas a seguir.

## 1.2 Remoção de gás sulfídrico com óxido de ferro III (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

De acordo com substrato utilizado, as concentrações de gás sulfídrico podem chegar até 5% do volume total do biogás, podendo comprometer equipamentos e tubulações em geral que façam uso desse biogás, uma vez que, durante a combustão ou contato com o ar, esse gás gera ácidos corrosivos (ROCHA, 2016). A retirada de gás sulfídrico consiste em passar a mistura gasosa por uma torre com preenchimento de óxido de ferro III.

O processo de esponja de ferro é um dos métodos mais antigos e econômicos para remoção de  $H_2S$ , ele pode ser facilmente encontrado comercialmente em diferentes materiais de custo relativamente baixo, como palha de aço, cavacos e limalha de ferro (ANGHEBEN, 2017). O gás é injetado na torre e, conforme vai caminhando pela mesma, o óxido de ferro em contato com o  $H_2S$  reage e transforma-se em sulfeto de ferro, conforme a equação 9.1 (OLIVEIRA, 2009).



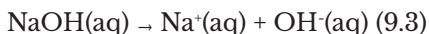
Nesse processo, existe a possibilidade de regeneração do óxido de ferro, basta expor o enchimento ao ar, conforme a equação (9.2) (OLIVEIRA, 2009).



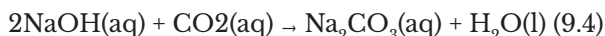
### 1.3 Absorção de gás carbônico em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH)

O dióxido de carbono tem um efeito de redução no seu conteúdo energético, pois ele tem o efeito de diluição no biogás (CERVEIRA, 2016). A absorção é considerada a técnica mais utilizada no processo de beneficiamento de biogás, que consiste na separação entre uma mistura gasosa e um líquido (absorvedor ou solvente) promovendo ou não uma reação química a fim de eliminar gases ácidos como  $H_2O$ ,  $CO_2$  ou  $SO_2$  (SHIBATA, 2017). O processo de remoção se dá pela passagem de uma corrente de ar que contém  $CO_2$  em uma solução de 1M de hidróxido de sódio (NaOH), concentração molar definida para conferir que o material do meio filtrante fosse compatível com a solução (BRASKEM, 2002). A solução de NaOH diluída em água fica na coluna, e a fase gasosa é introduzida pela parte superior da coluna atravessando toda a coluna.

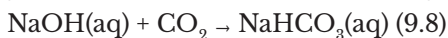
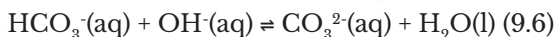
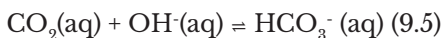
Segundo Ámez (2013), as reações para o processo de absorção de  $CO_2$  em solução de NaOH podem ser explicadas inicialmente com base na reação abaixo, em que a solução de NaOH inicialmente se encontra em seu estado ionizado na água, na forma de íons  $Na^+$  e  $OH^-$  (9.3).



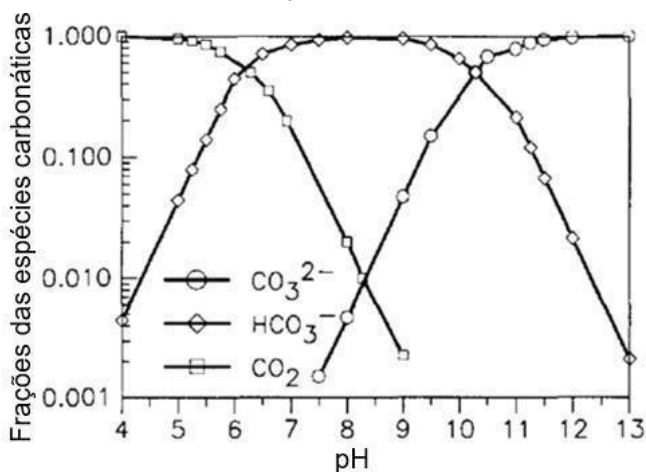
Quando o gás carbônico entra em contato com o hidróxido de sódio, o  $\text{CO}_2$  é absorvido fisicamente, ocorrendo a formação de  $\text{CO}_2$  aquoso e conseqüentemente a de bicarbonato, como mostra a reação global seguinte (9.4) (OLIVEIRA, 2009).



Ainda que seja produzido  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , têm-se dissociados  $\text{Na}^+$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  no absorvente. Como o fluxo de alimentação de  $\text{CO}_2$  é constante na solução de NaOH, a reação de absorção ao longo do tempo faz com que ocorra a diminuição da concentração de  $\text{OH}^-$  favorecendo a formação de  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , assim como diminuindo o valor de pH, como mostram as equações 9.5 e 9.6, dando forma à equação global do segundo estágio expressa pela equação 9.7. Mesmo que a reação 9.7 seja completada no equilíbrio de certa quantidade de  $\text{CO}_2$ , ainda pode ser absorvido fisicamente, de modo que quando o NaOH se torna limitante, a reação global de absorção do  $\text{CO}_2$  em NaOH pode ser expressa de acordo com a reação 9.8. Sendo o pH e a quantidade de  $\text{CO}_2$  introduzido fatores importantes para a determinação da concentração das espécies, visto que a mesma dependerá do valor de pH e este, por fim, dependerá do  $\text{CO}_2$  introduzido, como mostra a Figura 9.1, representada em escala logarítmica, a relação entre a fração das espécies carbonáticas e o pH (ÁMEZ, 2013).



**Figura 9.1** — Frações de diferentes espécies de carbono no equilíbrio químico



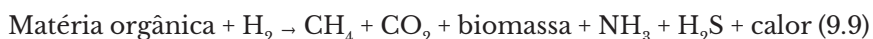
Fonte: ZURAWSKA et al. (2006)

#### 1.4 Microbiologia e bioquímica na produção do biogás

Devido a diferentes composições nas matérias-primas empregadas na produção de cerveja, os resíduos úmidos de cervejaria apresentam grande variação em sua composição nutricional. Esse tipo de resíduo por ser geralmente caracterizado por elevados percentuais de umidade, sólidos voláteis e elevada biodegradabilidade, apresenta condições favoráveis à proliferação de organismos, ou seja, tem-se uma maior atividade microbiana e a deterioração de forma acelerada. Nesse sentido, o processo produtivo e tecnológico das indústrias alimentícias influenciará nas características físicas, químicas e microbiológicas de cada efluente demandando tratamentos de acordo com as características dele. Tendo em vista que as operações unitárias de uma estação de tratamento de efluentes não variam, elas deverão ser baseadas nos processos físicos, químicos e biológicos, este último envolvendo microrganismos que têm o papel de reduzir a matéria orgânica em biomassa e biogás (BEUX, 2005)

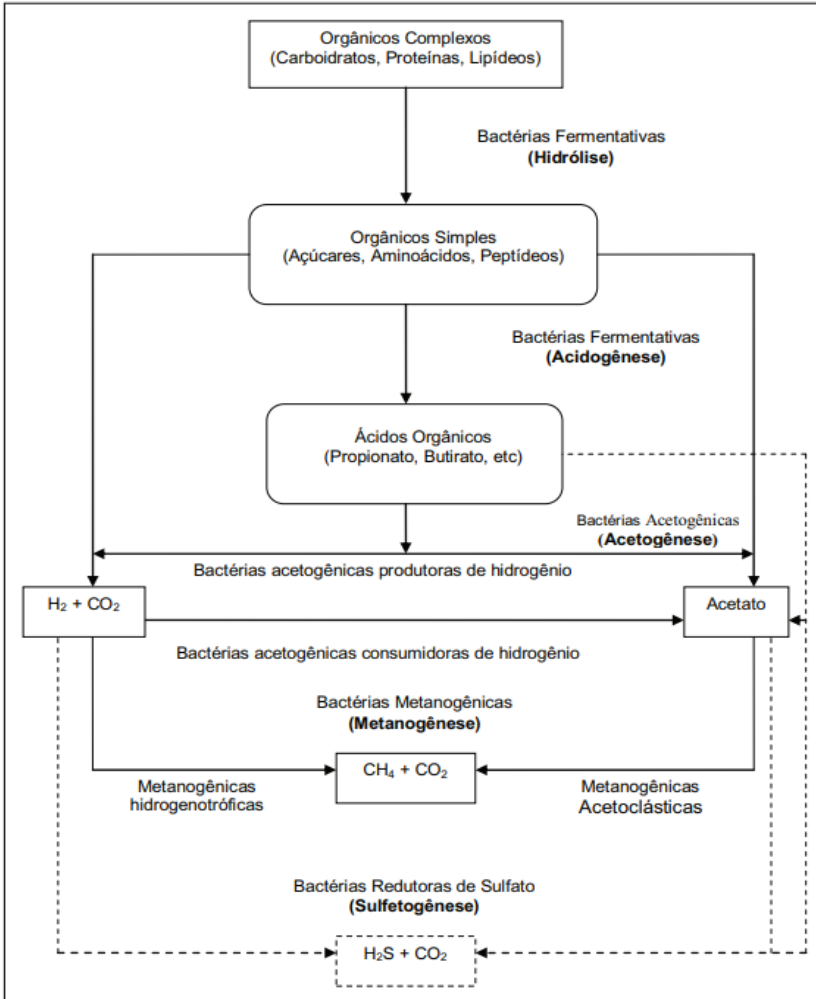
## 1.5 Digestão anaeróbia

Bueno (2010) cita a digestão anaeróbia como sendo um processo microbiano de flora mista, no qual existe a presença de diferentes microrganismos em um ambiente onde o oxigênio molecular é inexistente, promovendo a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, como o metano e gás carbônico. A representação da digestão anaeróbia pode ser feita pela equação 9.9.



Uma vez que os processos metanogênicos necessitam do calor, a temperatura torna-se um requisito mínimo no processo anaeróbio. A digestão anaeróbia de matéria orgânica basicamente segue um processo fermentativo simples no qual ocorre um conjunto de reações simultâneas, sendo elas, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, dando formação ao biogás, cada etapa é complementar à outra, sendo a última etapa essencial ao processo, pois nela forma-se o metano (DIAS, 2014). A Figura 9.2 apresenta o esquema geral da digestão anaeróbia.

**Figura 9.2** — Representação esquemática da digestão anaeróbia, as sequências metabólicas e os grupos microbianos



Fonte: CHERNICHARO (1997) citado por SIQUEIRA (2008)

### 1.5.1 Bactérias hidrolíticas fermentativas

A ação das bactérias fermentativas hidrolíticas caracteriza o início da primeira etapa do processo digestivo anaeróbio. Nesse processo

chamado de hidrólise, a maioria dos compostos orgânicos complexos é convertida em particulados solubilizados de menor peso molecular, facilitando a ação das bactérias da próxima etapa (BUENO, 2010), como mostrado na equação 9.10.

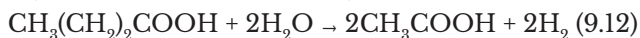


### 1.5.2 Bactérias acidogênicas

Trata-se da conversão dos compostos oriundos da hidrólise em ácidos graxos voláteis,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ , havendo preferencialmente a formação de acetatos e  $\text{H}_2$  (MOÇO, 2012).

### 1.5.3 Bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio

Nesta etapa, haverá basicamente a preparação dos substratos pelas bactérias acetogênicas para as arqueas metanogênicas. Nesse sentido, obtém-se, através de um processo de oxidação dos produtos da fase anterior, a produção de acetato, e conseqüentemente a formação de dióxido de carbono e hidrogênio. O processo de produção de acetato e hidrogênio através das bactérias hidrolíticas fermentativas do processo anterior é representado pelas reações 9.11 e 9.12 (CASTRO; MATEUS, 2016).



### 1.5.4 Arqueas metanogênicas

Caracteriza-se como a etapa final da digestão anaeróbia e sendo a etapa onde ocorre a formação do metano através das bactérias metanogênicas que atuam sobre os acetatos,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  provenientes das etapas anteriores. Para que as bactérias participantes efetuem a digestão com sucesso é necessário respeitar algumas condições, dado que as reações ocorrem em presença de microrganismos sensíveis a

determinadas variações, ou seja, a reação depende de fatores diversos para melhor rendimento, como a composição do substrato, tamanho das partículas, temperatura, pH e umidade, fatores esses que podem influenciar a produção de metano. Desse modo, as condições adotadas devem ser voltadas para proporcionar meios ideais à atuação/sobrevivência dos microrganismos metanogênicos, tendo em vista que estes são os mais sensíveis e os mais importantes na produção de metano (CASTRO; MATEUS, 2016).

As principais reações de formação do metano podem ser expressas de acordo com o substrato que é utilizado como fonte de energia, podendo se dividir em dois subgrupos, as hidrogenotróficas (9.13) e as acetoclásticas (9.14) (OLIVEIRA, 2009, p. 22).



### 1.5.5 Fatores que influenciam na digestão anaeróbia

A reação de formação do biogás está sujeita a diversos fatores determinantes para melhor rendimento que estão relacionados com a composição do substrato, com as características do digestor e com as condições de operação, tais condições são necessárias para uma fermentação ótima visto que os microrganismos metanogênicos são os mais sensíveis e importantes (CAILLOT, 2017). Os fatores que podemos citar são:

- **pH – Acidez ou Alcalinidade**

No processo de digestão anaeróbia, o pH é um fator relevante por ser um apontador da acidez ou alcalinidade da mistura presente no biodigestor tornando seu controle necessário devido à maneira como cada grupo de bactérias se comporta em determinada faixa de pH. Considerando a faixa de operação de digestores entre pH 6,0 a 8,0, faixa de sobrevivência para as arqueas metanogênicas e acetogênicas e na qual é observada maior eficiência da fase metanogênica, um meio muito ácido ocasiona a eliminação das bactérias produtoras de metano (ARAÚJO, 2017).

- **Temperatura**

A taxa de produção de biogás está diretamente relacionada à temperatura operacional empregada no sistema, exercendo influência sobre a velocidade do processo e o tempo de retenção hidráulica da mistura dentro do reator. No processo anaeróbio, é ideal que se mantenha uma temperatura constante dentro do reator, dado que as reações ocorrem em presença de microrganismos sensíveis a variações bruscas de temperatura, como as arqueas metanogênicas que se desenvolvem em dois grupos, as mesofílicas, que atuam em temperaturas situadas na faixa de 20 a 40°C, e as termofílicas, que atuam na faixa de 50 a 60°C, sendo a temperatura ótima ao redor de 35°C. O tempo de retenção hidráulica está relacionado à temperatura, visto que a velocidade de digestão anaeróbia é maior a temperaturas termofílicas em relação às mesofílicas. Nesse sentido, o calor necessário produzido para a manutenção das bactérias no reator advém do trabalho das mesmas na biodigestão, sendo conveniente o monitoramento da temperatura externa, evitando que variações climáticas externas bruscas interfiram na temperatura interior do reator (BARRERA, 2003 citado por ARAÚJO, 2017).

- **Tempo de retenção hidráulico (TRH)**

O TRH é o tempo em que a biomassa permanece no interior do biodigestor sob a ação dos microrganismos anaeróbios, ou seja, é o tempo necessário para que a biomassa seja biodegradada dentro do reator, sendo a fase inicial da digestão anaeróbia de maior produção de biogás, diminuindo gradualmente à medida que se aproxima da conclusão. A escolha do inoculante é de suma relevância, visto que o tempo de retenção hidráulica e a eficiência do biodigestor serão obtidos em função dele, além da biomassa utilizada para a alimentação do biodigestor, podendo o TRH variar de 4 a 60 dias (FILHO, 1981 citado por ARAÚJO, 2017). Para o substrato composto de resíduos de cervejaria, o tempo de retenção situa-se na faixa de 20 a 35 dias, sem adição de volume extra para o inóculo, para que ocorra a digestão anaeróbia e produção de biogás (SANTOS *et al.*, 2017).

- **Teor de água**

A quantidade de água presente no biodigestor interfere diretamente na produção de biogás, podendo este variar em volume de acordo com a biomassa e inóculo em uso, onde o volume apropriado deve apresentar a proporção específica de (1:1) (CASSINI, 2003).

## 1.6 Biodigestor

Os digestores anaeróbios são desenvolvidos com base nos princípios da bioquímica e microbiologia do processo de digestão anaeróbia, sendo projetado para fermentação e biodegradação da biomassa residual, podendo ser em um tanque, caixa ou vala revestida. Por se tratar de um digestor anaeróbio, deve-se ter o cuidado para que sua estrutura seja vedada, a fim de que não exista contato do meio interno com o oxigênio. Dessa maneira, cria-se um ambiente propício levando em consideração fatores como temperatura e pH, para que tipos especializados de bactérias atuem sobre a matéria orgânica gerando o biogás como produto principal e o biofertilizante como subproduto. Geralmente, a construção dos biodigestores conta com a câmara de digestão e o gasômetro onde se retém o biogás produzido pela fermentação, o início do processo se dá pela inserção da mistura do material orgânico com água na câmara de digestão. A classificação dos biodigestores é definida pela forma de abastecimento e operação deste. Sendo ele contínuo ou descontínuo (batelada) (BUENO, 2010).

### 1.6.1 Biodigestor contínuo

É um modelo de biodigestor que opera com a alimentação contínua e conjuntamente ao momento que acontece a alimentação, retira-se uma quantidade em volume conforme a de entrada. Segundo Oliveira (2009), esse sistema de alimentação contínua fornece gás permanentemente. Entretanto existe uma desvantagem no que diz respeito à possibilidade de o resíduo que é continuamente retirado

não estar completamente estabilizado, tendo a matéria orgânica não passado pelo processo completo de biodigestão e o tempo de retenção hidráulico inadequado (ROCHA, 2016).

### 1.6.2 Biodigestor tipo batelada (descontínuo)

No sistema de alimentação descontínua, o biodigestor é preenchido totalmente em uma única vez e passando pelo processo de fermentação, fornecendo gás durante certo período. Esses sistemas são mais simples em sua operação, com pequenas exigências operacionais. Após o material orgânico ser digerido, a descarga é feita e nova carga de material orgânico é introduzida no digestor, iniciando um novo ciclo (SEABRA JÚNIOR, 2017).

## 2 Metodologia

Na presente pesquisa desenvolvida, foi utilizado o bagaço de malte residual do processo de produção de cerveja como matéria-prima para a produção do biogás em um biorreator adaptado.

Os experimentos foram realizados no período de 31/03/19 a 15/05/19, totalizando 46 dias. Na construção do biodigestor, foram utilizados materiais que são facilmente encontrados e com custos relativamente baixos; com montagem simples e de fácil manejo.

### 2.1 Substrato

O bagaço de malte, também conhecido como resíduo úmido de cervejaria (RUC), foi cedido por um microcervejeiro artesanal localizado em Vitória/ES. A pequena empresa gera atualmente cerca 40 kg de malte cozido por mês provenientes do processo produtivo, que tem descarte inadequado e não há reaproveitamento. Dessa forma, o tratamento biológico apresenta-se como potencial alternativa de baixo custo para a destinação desses resíduos, sendo uma alternativa para redução do seu descarte no meio ambiente.

O emprego de resíduos ou recursos renováveis de baixo custo emerge como um potencial solução sustentável para se atender à demanda por energia, posteriormente, agregando valor a esse subproduto.

Em nossa pesquisa, o bagaço de malte (Figura 9.3) foi triturado em liquidificador doméstico, até tornar-se uma massa úmida com fibras curtas (Figura 9.4), proporcionando o aumento da biodisponibilidade da matéria orgânica aos microrganismos.

Após o processo de trituração, foi necessária a fervura para esterilizar a biomassa, evitando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

**Figura 9.3** – Bagaço de malte de cevada



Fonte: De autoria própria (2019)

**Figura 9.4** – Bagaço de malte triturado



Fonte: De autoria própria (2019)

## 2.2 Caracterização do bagaço de malte

O bagaço de malte obtido no final do processo da etapa de filtragem do mosto caracteriza-se por ser um composto sólido (BROCHIER, 2007). Segundo a classificação internacional de alimentos, o RUC é considerado um produto proteico, uma vez que possui teores de fibra bruta menores que 18% e de proteínas maiores que 20%, sendo predominantemente fibroso (70% massa seca). Apresenta em sua composição lipídios, minerais, vitaminas, aminoácidos e compostos fenólicos, sendo caracterizado como um material lignocelulósico, estando suas propriedades funcionais relacionadas aos seus principais componentes, as fibras e proteínas (ALIYU; BALA 2011 citado por MATHIAS, 2014). Mello *et al.* (2013) caracterizam a capacidade de hidratação do bagaço de malte com relação ao seu caráter hidrofílico, devido à presença de celulose e hemicelulose em sua composição, como mostra o Quadro 9.4. Apresentando pH entre  $5,73 \pm 0,04$  e grau Brix 3,0.

**Quadro 9.4** — Composição química das fibras insolúveis do bagaço de malte.

<b>Componente</b>	<b>Conteúdo (% - base seca)</b>
Celulose	$12,29 \pm 0,14$
Lignina	$26,13 \pm 3,15$
Hemicelulose	$23,41 \pm 2,30$

Fonte: MELLO *et al.* (2013)

Uma estimativa da quantidade de gás metano que pode ser produzida a partir do teor de biodegradabilidade do substrato em uso, considerando que uma tonelada de sólidos voláteis produz em média um volume de  $400 \text{ m}^3$  de  $\text{CH}_4$  (FERREIRA, 2015 citado por ROCHA, 2016). Desse modo, de acordo com Santos *et al.* (2017), ao analisar os parâmetros físicos do bagaço de malte, constatou-se um valor médio de sólidos totais voláteis de  $0,91$  e  $0,90 \text{ kg L}^{-1}$ , indicando uma alta concentração de matéria orgânica, o que significa uma ótima condição de atividade microbiana, representando elevada biodegradabilidade.

## 2.3 Inóculo

A adição de microrganismos metanogênicos contribui diretamente para a última etapa da reação, favorecendo a formação de metano.

Vários componentes podem ser utilizados como inóculos: esterco de porco, esterco de boi, lodos de tratamento de águas residuais e esgotos domésticos, lixiviados oriundos de aterros etc. Basta possuir características físico-químicas e nutrientes que auxiliem o processo de digestão, tal como elevado DQO e DBO, que são parâmetros que definem a biodegradabilidade de determinada matéria orgânica (CASTRO; MATEUS, 2016).

O Quadro 9.5 mostra a relação do rendimento de biogás em m<sup>3</sup> por kg de material orgânico. Como inóculo para este estudo foi utilizado o esterco fresco bovino, visto a facilidade de coleta e disposição desse, cedido por um pecuarista localizado em Serra/ES.

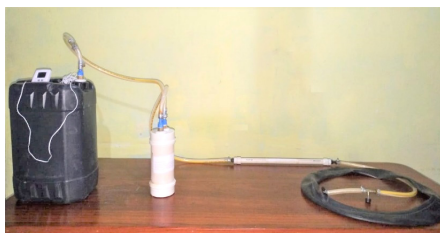
**Quadro 9.5** — Produção de biogás em função do tipo de esterco

<b>Material</b>	<b>Rendimento (m<sup>3</sup>) de biogás por kg de material orgânico</b>
Esterco fresco bovino	0,04
Esterco seco de galinha	0,43
Esterco seco de suíno	0,35

Fonte: COLATTO; LANGER (2012) citado por SANTOS; JUNIOR (2013)

## 2.4 Concepção e escolha do sistema

O modelo de biodigestor descontínuo (batelada) projetado para este estudo foi um sistema, de baixo custo, que fosse todo rosqueado e que evitasse a perda do gás através de vazamentos. O sistema projetado para produção de biogás é representado pela Figura 9.5 e os materiais estão descritos no Quadro 9.6.

**Figura 9.5** — Sistema projetado para a biodigestão anaeróbia

Fonte: De autoria própria (2019)

**Quadro 9.6** — Relação de material e valor

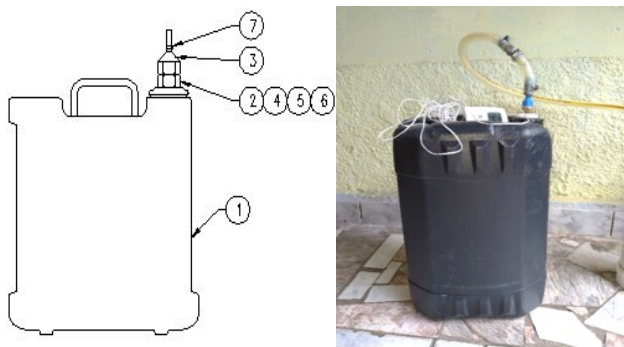
Item	Quant.	Valor Unit. (R\$)	Total (R\$)
Mangueira para gás	3	7,50	22,50
Fita Teflon	1	1,00	1,00
Luvas 3/4" x 1/2"	2	1,50	3,00
Abraçadeira	8	1,00	8,00
Tubo PVC 1/2"	1		5,00
Adaptador Mangueira	5	1,50	7,50
Arruela Vedante PVC	4	3,00	12,00
Flang latão 1/2"	3	10,00	30,00
Aumento médio 1/2"	3	7,00	21,00
Arruela vedante PVC 60x30	3	4,00	12,00
Balde graduado 15 Litros	1		31,99
Bombril	1		2,00
Bombona 25 Litros	1		10,00
Câmara de ar aro 18	1		15,00
Tubo PVC esgoto 4" x 250 mm e cap PVC 4"	1		22,00
Termômetro máx. e mín. interno/externo	1		60,00
Regulador de pressão com manômetro	1		90,00
Botija 13 kg vazia	1	doado	
Motor de geladeira (compressor)	1	doado	
Registro em aço	2	doado	
Total			352,99

Fonte: De autoria própria (2019)

## 2.5 Reator anaeróbico

Para a construção do reator anaeróbico foi utilizada uma bombona de 25 litros (Figura 9.6), fechada por uma tampa, sendo acoplada a conexões (Quadro 9.7) previamente estabelecidas, de forma a prevenir o vazamento de gás.

**Figura 9.6** — Reator anaeróbico



Fonte: De autoria própria (2019)

**Quadro 9.7** — Lista de material “bombona”

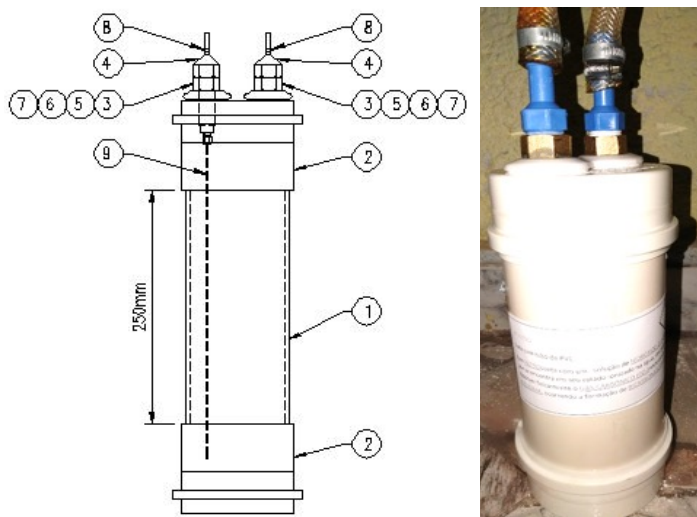
ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
1	1	“bombona” 25L
2	1	Arruela vedante PVC
3	1	Adaptador de mangueira
4	1	Flange latão 1/2”
5	1	Adaptador de aumento médio 1/2”
6	2	Arruela vedante PVC 60X30
7	1	Abraçadeira

Fonte: De autoria própria (2019)

## 2.6 Filtros

Os filtros são necessários para a remoção do gás carbônico e do gás sulfídrico. Eles foram instalados à jusante do biodigestor e são úteis para retirada do cheiro desagradável e auxílio à queima do metano produzido. A escolha do material filtrante teve como base o boletim técnico de resistência química dos compostos de PVC e de sua resistência à pressão exercida sobre ele, dado que o PVC apresenta resistência química satisfatória a agentes oxidantes, mesmo os mais fortes. O gás gerado no reator anaeróbico passa pelo filtro de absorção dióxido de carbono (Figura 9.7, Quadro 9.8), onde continha uma solução de hidróxido de sódio 1M. Em seguida, o gás passava pelo filtro de retirada de gás sulfídrico (Figura 9.8, Quadro 9.9), onde a mistura gasosa atravessa um cano de PVC, preenchido com palha de aço (destinada à limpeza doméstica), composta principalmente de óxido de ferro III.

**Figura 9.7** — Filtro para absorção de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) em uma solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ )

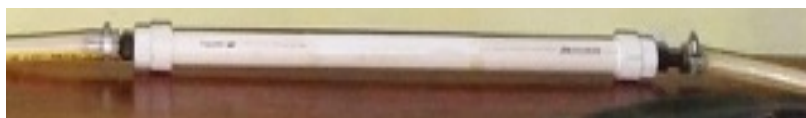
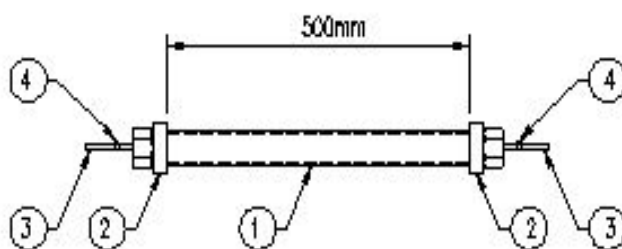


Fonte: De autoria própria (2019)

**Quadro 9.8** — Lista de materiais do filtro de absorção do CO<sub>2</sub>

ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
1	1	Tubo de PVC ø 4" x 250 mm
2	2	Cap de PVC ø 4"
3	2	Arruela vedante PVC
4	2	Adaptador de mangueira
5	2	Flange latão 1/2"
6	2	Adaptador de aumento médio 1/2"
7	4	Arruela vedante PVC 60x30
8	2	Abraçadeira
9	1	Mangueira para gás ø 8mm x 300mm

Fonte: De autoria própria (2019)

**Figura 9.8** — Filtro para remoção de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) com óxido de ferro III (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Fonte: De autoria própria (2019)

**Quadro 9.9** — Lista de materiais do filtro para remoção do H<sub>2</sub>S.

ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
1	1	Tubo de PVC $\varnothing$ 1/2" x 500 mm
2	2	Luvas 3/4" x 1/2"
3	2	Adaptador de mangueira
4	2	Abraçadeira

Fonte: De autoria própria (2019)

## 2.8 Câmara para armazenagem do biogás

Após a filtração, o gás era armazenado em uma câmara de ar, aro 18 (Figura 9.9, Quadro 9.10).

Estando a câmara cheia, o gás era transferido para um botijão de 13 kg, com, com o auxílio de um compressor (Figura 9.10). Um regulador de pressão com um manômetro (escalas de 0 – 7 kgf/cm<sup>2</sup> e 0 – 100 psi) foi instalado no botijão para aferir a quantidade de gás armazenado (Figura 9.11)

**Figura 9.9** — Câmara de ar aro 18 para armazenagem do biogás

Fonte: De autoria própria (2019)

**Quadro 10** — Lista de materiais para armazenagem do biogás

ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
1	1	Câmara de ar aro 18
2	1	Abraçadeira

Fonte: De autoria própria (2019)

**Figura 9.10** — Sistema de compressão

Fonte: De autoria própria (2019)

**Figura 9.11** — Sistema de envase e leitura de pressão



Fonte: De autoria própria (2019)

## 2.9 Operação do biodigestor

Inicialmente, na 1ª batelada, foram feitos testes com o substrato, o inóculo e a água juntos no biodigestor na proporção 1:1:1, de modo a verificar o comportamento e desenvolvimento das bactérias desejáveis para a produção de biogás. Diariamente verificou-se a temperatura com o auxílio de um termômetro digital, de modo a prevenir alterações bruscas de temperatura externa, que possivelmente interferissem a conversão da matéria orgânica em biogás.

Após o período de testes e acertos na construção, uma 2ª batelada foi feita no biodigestor, também contendo a mistura da 1ª batelada, substrato e água na proporção de 1:1:1. A confirmação do biogás gerado se deu pela queima, onde a presença de chama confirmou a ação das bactérias metanogênicas.

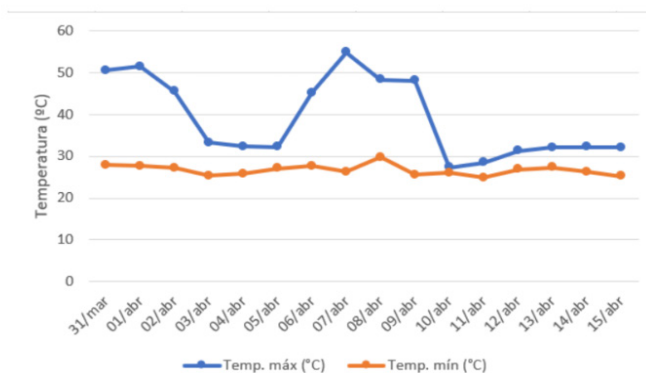
Com o desenvolvimento das bactérias desejadas e de biogás, uma 3ª batelada foi realizada, utilizando a mistura da 2ª batelada, substrato e água na proporção de 1:4:5.

A confirmação do biogás produzido se deu novamente através da queima, tendo sido o gás pressurizado para uma botija de 13 kg, a qual continha um manômetro para avaliação da pressão, possibilitando a quantificação do biogás gerado.

### 3 Resultados e Conclusão

A 1ª batelada iniciou no dia 31/03/19 e finalizou a produção no dia 15/04, apresentando um tempo de retenção hidráulico de 16 dias até que a produção de biogás cessasse. Nesse período, foram constatados vazamentos no filtro de gás carbônico, devido à alta pressão exercida pelo gás. Não houve escapamento gasoso no biodigestor e nos demais equipamentos do sistema. Em dois testes de queima realizados nesse período, não houve a presença de chama, constatando não haver metano suficiente. Considerando os fatores que influenciam a reação de formação do biogás, observou-se uma grande variação de temperatura interna do biorreator (Figura 9.12), visto que o sistema ficava exposto parcialmente ao sol. Sabe-se que a taxa de produção de biogás está diretamente relacionada à temperatura operacional no sistema, e para um melhor rendimento evitam-se variações climáticas externas bruscas.

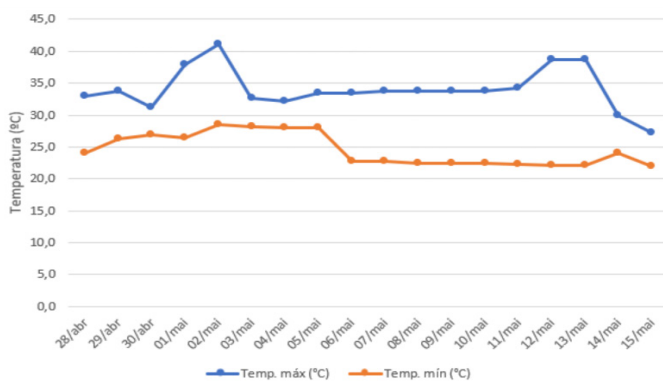
**Figura 9.12** — Variação da temperatura interna do biorreator, no intervalo de 31/03/19 a 15/04/19



Fonte: De autoria própria (2019)

Uma 2ª batelada foi realizada no biodigestor, tendo início no dia 28/04/19 e interrompida no dia 15/05/19. Nesse período, a temperatura interna do biorreator variou entre 28°C e 41°C (Figura 9.13).

**Figura 9.13** — Variação da temperatura interna do biorreator, no intervalo de 28/04/19 a 15/05/19



Fonte: De autoria própria (2019)

O teste de queima foi realizado no sétimo dia, quando se observou a presença de uma chama forte e consistente, representada pela Figura 9.14.

**Figura 9.14** — Teste de queima do biogás produzido na 2ª batelada



Fonte: De autoria própria (2019)

Dado isso, ocorreu a pressurização do gás no botijão. Não foi possível a quantificação da pressão interna pelo manômetro, uma vez que a quantidade do biogás foi sendo baixa para ser aferida por esse instrumento de medição (Figura 9.15)

**Figura 9.15** — Tentativa de quantificação do biogás pelo manômetro instalado no botijão



Fonte: De autoria própria (2019)

No dia 05/05/19, houve uma alimentação no biodigestor, tendo um tempo de retenção hidráulico de 11 dias. O teste de chama foi realizado no último dia de operação (Figura 9.16).

**Figura 9.16** — Teste de queima do biogás produzido na 3ª batelada



Fonte: De autoria própria (2019)

Para quantificarmos a produção do biogás, utilizamos uma balança digital, onde foi constatado um de peso de 0,9 kg de biogás (Figura 9.17).

**Figura 9.17** — Aferição do peso do biogás produzido na 2ª batelada. O valor de 0,9 kg de biogás foi verificado pelo acréscimo no peso do botijão vazio, que tinha 14 kg



Fonte: De autoria própria (2019)

O sistema mostrou-se eficiente, não havendo vazamento de gás. A Figura 9.18 permitiu observar a eficiência do filtro de retirada de gás sulfídrico, onde é possível ver a palha de aço no seu estado oxidado.

**Figura 9.18** — Palha de aço utilizada no filtro para remoção do  $H_2S$

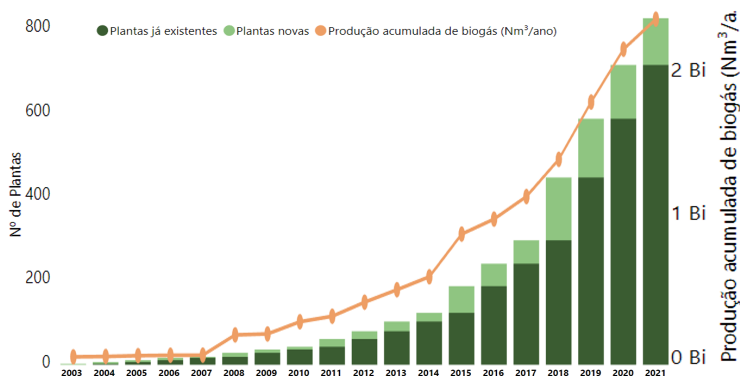


Fonte: De autoria própria (2019)

Mesmo com a considerável produção de biogás, a concentração de metano presente se mostrou pequena. Dentre as possíveis causas do baixo rendimento da produção de metano, estão a falta de controle do pH, grande variação da temperatura e ajustes nos teores substrato e água. Entretanto nossos resultados apresentaram uma importante aplicação no reaproveitamento do bagaço de malte na geração de biogás.

De acordo com o site CIBIOGÁS (2022), em 2021, o Brasil possuía 811 plantas geradoras de biogás, com a capacidade de produção de 2,82Bi Nm<sup>3</sup>/ano de biogás (Figura 9.19).

**Figura 9.19** — Plantas geradoras de biogás no Brasil em 2021



Fonte: Cibiogas.org (2022)

Estudos sobre o reaproveitamento da biomassa oriunda dos rejeitos industriais e agropecuários na produção de biogás são promissores, visto que há grande necessidade de expansão da geração de energia elétrica de fontes renováveis.

Sendo assim, acreditamos que a utilização do bagaço de malte da indústria cervejeira é uma importante biomassa a ser aplicada em grande escala em usinas geradoras de biogás.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. W. S. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos**. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ÁMEZ, P. G. **Estudo da absorção de CO<sub>2</sub> de gases exaustos de usinas termelétricas em reator cilíndrico contendo solução de NaOH**. 2013. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ANGHEBEN, A. A. **Estudo da remoção de H<sub>2</sub>S de biogás sob diferentes condições operacionais utilizando soluções contendo ferro em um sistema em escala de bancada**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2017.

ARAÚJO, A. P. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbio**. 2017. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluentes de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

BRASKEM. **Resistência química dos compostos de PVC**. Boletim técnico nº 02 PVC, 2002.

BROCHIER, M. A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Revista SCIELO - Ciência e Agrotecnologia**. v. 33, p. 1392-1399, 2009.

BUENO, F. de R. Comparação entre biodigestores operados em escala piloto para produção de biogás alimentado com estrume bovino Brewer: Comparison between biodigesters operated in pilot scale for biogás production fed with bovine manure. **Holos Environment**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 111, 2010.

CAILLOT, V. A. **Avaliação do potencial de produção de biogás dos resíduos da suinocultura codigeridos com resíduos agricultura brasileira**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

CASSINI, T. S. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CASTRO, S. dos D.; MATEUS, O. V. Produção de biogás a partir de restos de alimentos coletados em um restaurante: uma experiência a ser disseminada. *In*: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, 15., 2016, Salvador. **Anais [...]** Universidade Salvador, UNIFACS, Salvador, 2016.

CERVEIRA, G. S. **Remoção de CO<sub>2</sub> do biogás por permeação em membranas**. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DIAS, C. P. **Análise de viabilidade da utilização do biogás gerado na digestão anaeróbia de levedura residual de cervejaria para geração de energia**. 2014. 102 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2014.

LUCAS JUNIOR, J. de; SANTOS, B. M. T. **Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás**. *In*: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, Concórdia, 2000. Anais [...] Concórdia, 2000.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M.; SERVULO, E. F. C. **Caracterização de resíduos cervejeiros**. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Santa Catarina. Anais [...] Santa Catarina, 2014.

MELLO, L. R. P. F.; VERGÍLIO, R. M.; MALI, S. Caracterização química e funcional do resíduo fibroso da indústria cervejeira. *In*: SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA, 3., 2013, Londrina. **Anais [...]** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

METZ, H. L. **Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos**. Monografia (Graduação em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

MOÇO, E. A. dos S. **Projeto de uma unidade produtora de biogás**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Instituto Politécnico de Tomar, Portugal, 2012.

OLIVEIRA, R. D. e. **Geração de energia elétrica a partir do biogás**

**produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono.** 2009. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

PROSAB. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades.** Florianópolis – SC, 2003.

RAMOS, M. de S. **Obtenção de carvões ativado a partir de resíduos industriais e agrícolas.** 2014. 158 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ROCHA, C. M. da. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitarista) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016.

SALVADORI, S. *et al.* **Geração de biogás a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes na fabricação de proteína isolada de soja.** 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Bases Ecológicas para a Gestão Ambiental) – UNIVATES, Rio Grande do Sul, 2012.

SANTOS, B. L. B. dos; FREDDO, L.; CASSOL, F. Avaliação do tempo de residência na biodigestão de resíduos da indústria cervejeira. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7., 2017, Erechim. **Anais [...]** Diretoria de Pesquisa – DPE/PROPEPG em conjunto com as coordenações adjuntas de Pesquisa e Pós-Graduação (CAPPGs), 2017.

SANTOS, E. L. B. dos; NARDI JUNIOR, G. de. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v. 4, n. 2, ago. 2013.

SEABRA JÚNIOR, E. **Análise da produção de biogás proveniente da mistura de biomassa da suinocultura com bagaço de cana**

**de açúcar em diferentes granulometrias.** 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2017.

SHIBATA, F. S. **Absorção de gás carbônico para beneficiamento de biogás utilizando carbonatos em coluna recheada.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SIQUEIRA, L. M. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em um reator de leito fluidizado.** 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

ZURAWSKA, M. *et al.* **Separation of CO<sub>2</sub> from flue gas in air-sparged hydrocyclone (ash) reactor.** Department of Chemical Technology, Gdansk University of Technology, Polônia, 2006.

## CAPÍTULO 10

### CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES POR ALUNOS: APLICAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICA NA GERAÇÃO DE BIOGÁS

Lorryne Oliveira de Souza  
Raphaela Gallo Carvalho Caldeira  
Aline de Souza Lopes  
Breno Licerio Torquato  
Oeber de Freitas Quadros

#### Introdução

O acelerado aumento das atividades industriais das principais economias mundiais traz a necessidade de uma maior produção de energia. Na busca da preservação dos recursos naturais, fontes de energia limpa e renovável são de grande interesse.

Em diversas etapas na escala industrial e nas ações antropogênicas, há grande produção de resíduos orgânicos e efluentes, gerando uma biomassa com grande potencial de reaproveitamento para geração de energia. Esse material orgânico pode ser convertido em combustíveis gasosos, como o biogás, obtido através da fermentação anaeróbica. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2008), o biogás é uma mistura gasosa de dióxido de carbono e metano, produzido pela ação de bactérias em matérias orgânicas.

O atlas de bioenergia do estado do Espírito Santos, elaborado pela Agência de Serviços Públicos do Estado do Espírito Santo (ASPE, 2012), apresenta um estudo em que foi verificado que, do total de insumos gerados no estado, apenas 15% do seu potencial energético é aproveitado. A Tabela 10.1 apresenta a quantidade produzida de alguns tipos de biomassa e os seus respectivos potenciais energéticos.

Como pode ser observado na Tabela 10.1, os efluentes de animais têm a maior quantidade produzida (toneladas), a maior energia por tipo de biomassa em MWh e o maior potencial de energia por tipo de biomassa. Mesmo com toda essa produção de biomassa e todo esse potencial, não há, no estado do Espírito Santo, grandes avanços em estudos para o aproveitamento dessa energia.

**Tabela 10.1**— Energia e potencial por tipo de biomassa no ES, média realizada entre os anos de 2001 e 2010

<b>Tipo de Biomassa</b>	<b>Quantidade Produzida em toneladas</b>	<b>Energia por tipo de biomassa em MWh</b>	<b>Potencial por tipo de biomassa</b>
Lavoura Temporária	4.312.179	139.827	24,0
Lavoura Permanente	854.202	110.941	13,1
Silviculturas	1.851.203	755.922	90,8
Efluentes de animais (cabeças)	17.604.726	3.104.371	373,0
Efluentes domésticos e comerciais (habitantes)	3.392.775	64.310	18,5
Resíduos sólidos urbanos (habitantes)	3.392.775	168.237	20,2
Biomassa Total	31.407.860	4.343.608	539,7

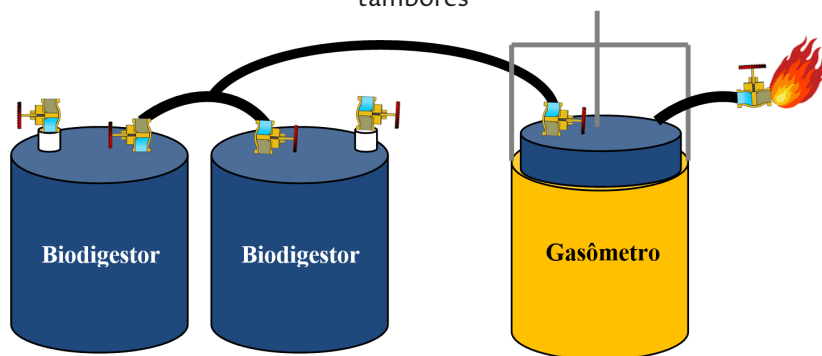
Fonte: Adaptado de ASPE (2012)

Nesse contexto, os estudantes do curso de Engenharia Ambiental (FAESA Centro Universitário) foram estimulados a apresentar o trabalho “Possibilidades de geração de biogás no ES”, na Jornada Científica FAESA, de 21 a 23 de setembro de 2017. Para tanto, dentro da disciplina de Microbiologia Ambiental, foi proposta a construção de um biodigestor anaeróbico, onde seria utilizado esterco bovino com

fonte de biomassa para geração do biogás. Os biodigestores podem ser encontrados em vários modelos, cada um com as suas vantagens e desvantagens e características próprias de operação. O modelo selecionado para o projeto foi o tipo “caseiro” (Figura 10.1), devido à sua praticidade e às limitações do espaço selecionado para a execução do projeto.

Com a construção do biodigestor, os alunos aplicaram a teoria discutida na disciplina, contextualizando uma temática de extrema importância.

**Figura 10.1** — Esquema da construção de biodigestores caseiros utilizando tambores



Fonte: De autoria própria (2019)

## 1 Materiais e métodos

Para a montagem dos biodigestores utilizaram-se os seguintes materiais: 2 tambores plásticos de 200L; 1 tambor plástico de 100L; 1 tambor metálico de 200L; 2 registros de 75mm; 2 registros de 25mm; 4 bicos de 3/4" Tubo PVC de 25mm; Tubo PVC de 32mm; 5m de mangueira emborrachada de 3/4", massa epóxi para vedação, fita de teflon para vedação, parafusos e porcas para fixação, suportes de madeira e metálicos, abraçadeira 3/4", flange PCV 32mm.

Após a montagem da estrutura do biodigestor e do gasômetro (local onde se armazenou o biogás produzido), vedou-se toda a estrutura para garantir que não haveria escapamento do gás gerado. A Figura 10.2 demonstra o processo de montagem do biodigestor e do gasômetro.

**Figura 10.2** — Construção dos biodigestores e do gasômetro pelos alunos



Fonte: De autoria própria (2019)

Após a finalização da montagem, o gasômetro foi preenchido com água, retirando o ar da campânula. Já os tambores (biodigestores) foram preenchidos com a mistura de 100 litros de esterco bovino fresco e 100 litros de água. A Figura 10.3 demonstra a realização desse processo.

**Figura 10.3** — Preenchimento dos tambores (biodigestores) com o esterco bovino fresco diluído em água, na proporção 1:1



Fonte: De autoria própria (2019)

Além da construção dos biodigestores, os alunos prepararam um “banner” (Figura 10.4) para a apresentação na Jornada Científica.

**Figura 10.4** — Representação do banner de divulgação dos biodigestores e a discussão do tema “Possibilidades de geração de biogás no Estado do Espírito Santo”



Fonte: De autoria própria (2019)

## 2 Resultados

Após duas semanas da montagem, notou-se a elevação da campânula do gasômetro evidenciando o início da produção de biogás. Foi realizado o teste de chama para comprovar se havia produção de metano — principal composto responsável pela combustão do biogás (Figura 10.5).

Os resultados obtidos com a geração do biogás foram apresentados na Jornada Científica para diversas turmas de Engenharias e para o público em geral (Figura 10.6), onde se buscou despertar ao público o

potencial energético na geração de biogás a partir de esterco bovino. Ao mesmo tempo, todos foram estimulados à execução de novos projetos e à viabilidade de geração de biogás no estado do Espírito Santo.

Figura 10.5 — A) Fotografia dos biodigestores produzindo biogás e armazenando na campânula do gasômetro. Nota-se que a campânula se encontra acima no nível da água, evidenciando o acúmulo de biogás.

B) Teste de chama realizado demonstra a presença de gás metano.

A)



B)



Fonte: De autoria própria (2019)

**Figura 10.6** — Apresentação prática na Jornada Científica



Fonte: De autoria própria (2019)

De acordo com Danna (1996), a deficiência na formação dos engenheiros oriundos das instituições brasileiras afeta diretamente o grau de desenvolvimento do país, visto que questões como aspectos práticos, conhecimentos gerenciais, administrativos sociais e ambientais são pouco explorados nas salas de aula.

Há ausência de atividades práticas na graduação, que vivenciam a futura área de atuação, o que resulta em uma deficiência na formação,

visto que, em muitos momentos, os alunos deparam-se com disciplinas obrigatórias sem ao menos entender a aplicabilidade delas em sua área de atuação.

Através dos resultados obtidos, verificou-se a aplicação teórico-prática: geração do biogás na reutilização de biomassa. Neste projeto, a construção dos biodigestores contextualizou assuntos discutidos em aula e explorou a potencialidade de geração de biogás no estado do Espírito Santo. Tal aprendizado contribuiu grandemente na formação do aluno.

### 3 Considerações finais

Através da montagem dos biodigestores e o aprendizado sobre a geração de biogás, os alunos perceberam as vantagens que este pode proporcionar à sociedade por meio da produção de uma energia renovável, através do reaproveitamento de dejetos. A apresentação do funcionamento dos biodigestores durante a Jornada Científica contribuiu para a divulgação da problemática e da ausência de investimentos no estado do Espírito Santo para a produção de biogás em escala industrial. Entretanto ficaram os desafios quanto à criação de mais projetos ou até mesmo novas empresas voltadas para explorar a demanda de geração de biogás.

## REFERÊNCIAS

ASPE. Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo. **Atlas de Bioenergia do Espírito Santo**. 2013. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsis/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/AtlasBioenergiaES.pdf>. Acesso em: 1º abr. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. 2016. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016). Acesso em: 2 abr. 2018.

DANNA, F. L. O perfil do engenheiro no século XXI. *In*: PONTE, M. X.; BELLESI, L. M. (org.). **O Ensino de Engenharia para o Século XXI**. Belém (PA): Associação de Universidades Amazônicas – UNAMAZ, UNESCO, Associação de Universidades Amazônicas – UFPA, 1996.

# CAPÍTULO 11

## CARACTERIZAÇÃO, PROBLEMAS E REQUISITOS DE PROJETO

Rafaela Recla Cometti  
Jacqueline Rogéria Bringhenti  
Katia Broeto Miller  
Beatriz Torezani Sacramento

### Introdução

Cidades sustentáveis, verdes ou inteligentes fazem parte de uma nova concepção de planejamento urbano que propõe mudanças no modelo de organização espacial, social e ambiental das cidades (DAMERI; ROSENTHAL-SABROUX, 2014). A valoração dos resíduos sólidos urbanos, por meio da sua reinserção no mercado, passa a ser um meio para que tal desafio seja atingido.

Em termos dos resíduos orgânicos (RO), destaca-se a compostagem e posterior aproveitamento como fertilizante orgânico como importante alternativa para a sua valorização. No Brasil, os RO compõem 45,3% dos RSU (ABRELPE, 2020) e possuem uma taxa estimada de compostagem de apenas 1,6% (IPEA, 2012). Esse tipo de resíduo mostra-se como um desafio para a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, uma vez que, ao serem dispostos em aterros e lixões, causam impactos

ambientais e sanitários, reduzem o tempo de vida útil do aterro e geram despesas evitáveis (SIQUEIRA; ASSAD, 2015), além de representar opção desfavorável em termos de emissões de gases relacionados às mudanças climáticas.

Como principal modelo de compostagem em pequena escala descentralizada aplicável a ambientes domésticos, destaca-se a compostagem domiciliar, que pode ser realizada no âmbito familiar, em jardins, terraços, áreas de serviço, hortas ou qualquer outro local apropriado, com quantidades pequenas de resíduos e utilizando sistemas simplificados (PINTO *et al.*, 2015).

A compostagem doméstica pode ser realizada com auxílio de um equipamento de compostagem. Para Solino (2018), a composteira doméstica pode ser entendida como recipientes fechados, com pequenos orifícios laterais para circulação de oxigênio, permitindo otimizar o tempo de decomposição dos resíduos orgânicos para produção do adubo, sem riscos de atrair roedores e insetos, além de inibir o reviramento da mistura por animais domésticos.

Nesse contexto, “o indivíduo desempenha papel fundamental nesse processo, cabendo a ele decidir realizar, ou não, a separação de seus resíduos orgânicos para a compostagem” (COMETTI *et al.*, 2020, p. 3), bem como realizar todas as etapas do processo até a obtenção do composto final. No entanto, Tucker *et al.* (2003) destacam que muitos indivíduos desistem ao longo do processo, tanto por considerarem a prática da compostagem ineficiente ou lenta quanto por associarem ao aparecimento de moscas, vermes ou odores. Vale destacar que tais queixas podem estar associadas à má operação do sistema decorrentes da dificuldade na execução ou pela falta de informação do indivíduo, por exemplo.

Dessa forma, visou-se identificar as principais características que atendem às funções prático-estético-simbólicas como requisitos no desenvolvimento de soluções para a compostagem em ambientes domésticos, permitindo selecionar as características com melhor aplicabilidade à realidade brasileira. Assim, definiu-se uma composteira típica, que poderá auxiliar na promoção

e disseminação da compostagem descentralizada em pequena escala, ao desonerar parcialmente os serviços públicos dos custos relacionados à gestão dos RO e estando alinhada com a hierarquia de resíduos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) na visão de gestão compartilhada entre os atores da cadeia produtiva. Logo, o principal objetivo da pesquisa foi alinhar a novos modelos de composteira doméstica os requisitos de projeto que atendam ao contexto brasileiro, como as rotinas das famílias, as características das residências, os hábitos alimentares e o clima.

O levantamento do estado da arte permitiu analisar e preencher possíveis lacunas pertinentes à produção do conhecimento, sendo essencial para atender ao objetivo de pesquisa de identificar e discutir características físicas, funcionais e estéticas da composteira doméstica.

## 1 Características de uma composteira típica, identificação de problemas existentes e requisitos de projeto para novos modelos

### 1.1 Levantamento de características de uma composteira típica

No total, o levantamento realizado identificou 75 modelos de composteiras domésticas, sendo 42 modelos presentes em composteiras industriais disponíveis no mercado, 13 modelos presentes na literatura e 20 modelos na busca por patentes.

Em resumo, a Tabela 11.1 mostra as características físico-funcionais típicas encontradas no levantamento.

**Tabela 11.1** — Comparação entre características físico-funcionais mais frequentes nas composteiras avaliadas, segundo a origem (industrializadas, artesanais e com registro em base de patentes)

CARACTERÍSTICAS	COMPOSTEIRAS INDUSTRIALIZADAS	COMPOSTEIRAS ARTESANAIS	COMPOSTEIRAS REGISTRADAS
Formato	paralelepípedo de base retangular	cilindro de base circular	cilindro de base circular
Forma de alimentação	abertura na parte superior	abertura na parte superior	abertura na parte superior
Retirada do composto	abertura na parte superior	abertura na parte superior	abertura na parte superior
Relação revolvimento dos RO e drenagem para chorume	sem revolvimento e com dreno	sem revolvimento e sem dreno	sem revolvimento e sem dreno
Ventilação	ausência	presença	ausência
Proteção contra vetores (presença de tampa)	presente	presente	presente
Material construtivo	plástico	plástico	-
Uso de acelerador	Não utiliza	-	-

Fonte: COMETTI (2021)

As Figuras 11.1, 11.2 e 11.3 ilustram os tipos de composteiras que foram avaliadas.

A Figura 11.1 apresenta uma composteira de origem industrializada. A partir dela, pode-se observar a alimentação com RO e a retirada do composto na parte superior, com exemplo de presença de torneira para dreno e tampa no recipiente superior.

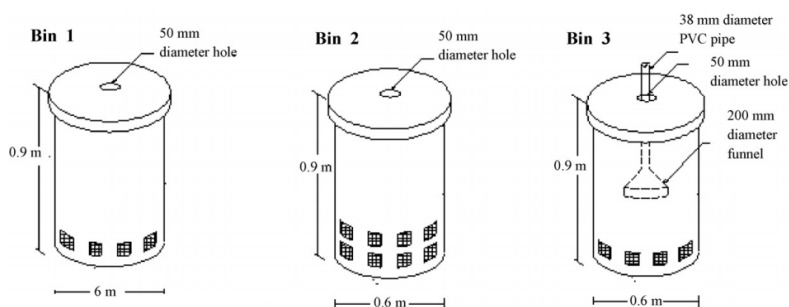
**Figura 11.1** — Composteira de origem industrializada



Fonte: EHI NATURAL (2019)<sup>1</sup>

A Figura 11.2 ilustra uma composteira de origem artesanal. A partir dela, pode-se observar a alimentação com RO e a retirada do composto na parte superior, com exemplo de presença de ventilação.

**Figura 11.2** — Composteira de origem artesanal



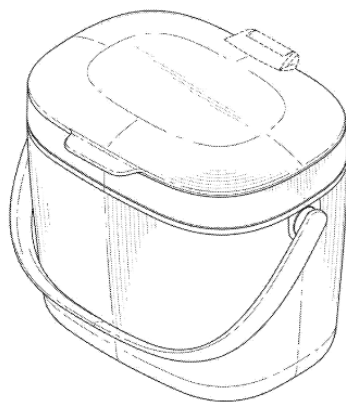
Fonte: Adaptado de KARNCHANAWONG; SURIYANON (2011)

<sup>1</sup> Figura disponível em: <https://www.ehinatural.com.br/mini-composteira-domestica-piracicaba-minhocario-4-litros>, extraída sem alterações ou adaptações.

A Figura 11.3 ilustra uma composteira pesquisada nos bancos de propriedade intelectual. A partir dela, pode-se observar a alimentação com RO e a retirada do composto na parte superior, com presença de tampa.

**Figura 11.3** — Composteira de origem em base de patente

U.S. Patent      Jan. 26, 2021      Sheet 1 of 6      US D909,000 S



Fonte: ESPACENET (2021)<sup>2</sup>

A comparação entre as características de composteira típica industrializada, artesanal e em busca de patentes permitiu analisar que as características físico-funcionais (que permitem cumprir a função de compostagem), mantiveram-se semelhantes tanto para as composteiras industrializadas como as artesanais e as registradas. Se diferenciam na relação entre a forma de revolvimento do composto e a drenagem do chorume, na ausência ou presença de ventilação, bem como no formato. Em relação à configuração estética, há a predominância das funções prático-funcionais, não sendo levados em conta a beleza, sensação de prazer e o bem-estar contemplativo para o objeto.

---

<sup>2</sup> Figura disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/074185711/publication/USD909000S?q=USD909000S>, extraída sem alterações ou adaptações.

## 1.2 Pesquisa com os usuários-voluntários

Após a definição das características da composteira típica doméstica, um levantamento realizado com 41 usuários-voluntários foi base para detectar as dificuldades na realização da compostagem considerando o contexto brasileiro, visto que esse tipo de levantamento não foi observado na revisão de literatura. Nessa etapa foi utilizado questionário previamente testado, para identificar preferências de potenciais usuários em relação ao *layout* de composteiras, bem como a percepção em relação às suas características físicas e operacionais (uso de tampa, revolvimento do orgânico, cor, material construtivo etc.).

Foi possível identificar importantes questões a serem consideradas:

- **O que pode ser colocado na composteira:** foram citadas dúvidas quanto aos tipos de RO que podem ou não ser compostados e fontes de material seco, por exemplo;
- **Rotina operacional:** houve dúvidas acerca da operação rotineira da composteira;
- **Envolvimento da família:** as dúvidas foram quanto às possíveis estratégias para obter a colaboração de outras pessoas da residência para praticar a compostagem, bem como na divisão das tarefas e das responsabilidades;
- **Solução de problemas operacionais:** as dúvidas foram focadas em aspectos sanitários como a eventual presença de larvas ou outros vetores, que desencorajariam a continuidade da prática;
- **Local para instalar a composteira:** houve dúvidas sobre o lugar adequado para posicionar a composteira, sobretudo pelo tamanho reduzido das cozinhas, áreas de serviço, áreas externas ou a crença de que a composteira só pode ser mantida em ambientes abertos.

As dificuldades relatadas ressaltaram a importância da elaboração de instruções das etapas de operação da composteira e do processo de aprendizagem do usuário, sobretudo aos relacionados ao diagnóstico dos problemas detectados no equipamento e das possíveis soluções para saná-los, buscando qualificar o conhecimento. Outro importante ponto observado foi a necessidade de o equipamento de compostagem ser compacto e de fácil sanitização.

### 1.3 Identificação de requisitos de projeto para novos modelos de composteiras

Os requisitos de projeto identificados, apresentados na Tabela 11.2, orientam o processo em relação a metas a serem atingidas e auxiliam na tomada de decisão para as características principais de novos produtos a serem desenvolvidos.

Cada requisito é classificado em necessário quando ele precisar ser atendido, e desejável quando é passível de ser atendido, mas não obrigatório (PAZMINO, 2015).

**Tabela 11.2** — Requisitos de projeto para composteira doméstica, segundo objetivo, classificação e escopo

(continua)

REQUISITOS	OBJETIVO	CLASSIFICAÇÃO	ESCOPO <sup>3</sup>
Ventilação	Evitar problemas operacionais, relacionados à insuficiência de aeração, para biodegradação dos RO.	Necessário	Furos ou rebaixos
Revolvimento	Evitar problemas operacionais relacionados à insuficiência de aeração para biodegradação dos RO e homogeneização da mistura.	Necessário	Colher de suco
Dispositivo trituração	Reduzir o tamanho dos RO auxiliando para acelerar a sua biodegradação.	Desejável	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tesoura</li> <li>▪ Triturador manual de alimentos</li> </ul>
Dosagem	Evitar problemas operacionais relacionados ao equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (3:1)	Necessário	Copo medidor

3 Requisitos, materiais e/ou ferramentas adicionais necessárias para construir e/ou operar a composteira.

(conclusão)

REQUISITOS	OBJETIVO	CLASSIFICAÇÃO	ESCOPO <sup>3</sup>
Tampa	Evitar a proliferação de vetores. Proteger a composteira quanto a intempéries e acesso de animais domésticos.	Necessário	Acoplada
Modularidade	Atender ao benefício básico. Diferencial mercado.	Necessário	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formato hexagonal.</li> <li>▪ Formato retangular</li> <li>▪ Formato quadrado</li> </ul>
Dreno	Evitar problemas operacionais relacionados ao acúmulo de chorume, como odores e excesso de umidade.	Desejável	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Torneira</li> <li>▪ Bandeja</li> </ul>
Compacto	Atender ao benefício básico. Necessidade dos usuários	Necessário	Compacta
Material utilizado	Filamento PLA	Desejável	Impressão 3D

Fonte: COMETTI (2021)

Os requisitos tiveram a função de conduzir a equipe durante o processo de desenvolvimento de um protótipo de composteira. Como subsídio para esses requisitos, foram consideradas as informações levantadas sobre características da composteira com objetivos comerciais do produto, a partir de especificações de oportunidade.

## 2 Considerações finais

Em suma, a sanitização do equipamento, a facilidade de operação, o acesso à informação, a adequabilidade para ambientes reduzidos e

a predominância dos componentes prático-funcionais são elementos fundamentais para que a composteira possa atender às expectativas dos usuários. Dessa forma, promoverá ainda a responsabilidade compartilhada na cadeia produtiva dos resíduos sólidos urbanos, desonerando o serviço público de coleta e destinação desses resíduos, além de fortalecer o espírito de civilidade nos cidadãos.

A visão dos usuários, associada às informações do mercado, da literatura e de base de patentes embasaram os requisitos de projetos para auxílio na tomada de decisão em novos modelos de composteiras a serem desenvolvidos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Bacharel Fabrício Broedel pelas contribuições no desenvolvimento do *layout* do protótipo de composteira.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama>. Acesso em: 10 abr. 2022.

COMETTI, R. R. *et al.* Motivações e preferências para a prática da compostagem em ambientes domésticos. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 22., 2020. **Anais [...]** São Paulo: 2020.

COMETTI, Rafaela Recla. **Desenvolvimento e avaliação de protótipo de composteira para uso em ambientes domiciliares**. 2021. 168 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Sustentáveis) – Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo, Vitória, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1112>. Acesso em: 10 mar. 2022.

DAMERI, Renata Paola; ROSENTHAL-SABROUX, Camille. **Smart City**. Nova York: Springer, 2014. 239 p.

IPEA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: 2008. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 219 p.

KARNCHANAWONG, S.; SURIYANON, N. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 5, p. 548-553, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911000085>. Acesso em: 10 abr. 2022.

PAZMINO, Ana Veronica. **Como se cria**: 40 métodos para design de produtos. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 278 p.

PINTO, T. de P. *et al.* **Guia para a Compostagem**. Brasília: WWW-Brasil, 2015, 104 p. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/compostagem.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

SIQUEIRA, T. M. O. de; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 243-264, dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/SxNJJsgR58y8D4HhY3JZPNm>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SOLINO, Atman Coutinho. **Análise de modelos e técnicas de compostagem para o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos**. 2018. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20879>. Acesso em: 10 abr. 2022.

TUCKER, P.; SPEIRS, D.; FLETCHER, S. I.; EDGERTON, E.; MCKECHNIE, J. Factors affecting take-up of and drop-out from home composting schemes. **Local Environment**, v. 8, n. 3, p. 245-259, 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13549830306660>. Acesso em: 10 abr. 2022.

# CAPÍTULO 12

## VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Jacqueline Rogéria Bringhenti

Ana Luiza Kruger Velten Rodrigues Pinto

Raquel Machado Borges

Francisco de Assis Ferreira

### Introdução

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. O Brasil é o maior produtor e exportador dessa commodity. De acordo com DURÁN *et al.* (2017), os estados que mais produzem café são Minas Gerais e Espírito Santo, responsáveis por aproximadamente 75% da produção brasileira. Segundo relatório mais recente da Organização Internacional do Café (OIC, 2020), a produção mundial de café foi contabilizada em torno de 169,34 milhões de sacas em 2019/20. Ainda, segundo Figueiró (2019), os indicativos de crescimento do consumo de café no mundo são promissores e a produção deve atingir o total de 184 milhões de sacas em 2024.

O processo de beneficiamento de café é o método de conversão da fruta crua em grãos de café verdes secos (BERNI; MANDUCA, 2018). Desse modo, são geradas toneladas de resíduos no processo

de beneficiamento de café que, por vezes, não recebem tratamento ambientalmente adequado, o que configura uma ameaça ao meio ambiente na contramão das diretrizes da Organização das Nações Unidas (ONU) relativas à sustentabilidade.

As principais fases da cadeia produtiva de café (cultivo, processamento, torrefação e consumo) apresentam questões importantes de cunho ambiental, social, econômico e de governança que podem afetar a sustentabilidade futura da produção do grão de café (BERNI; MANDUCA, 2018). A disputa no cenário internacional impulsiona a busca de melhorias quanto à qualidade, produtividade e à sustentabilidade de seu processo produtivo, contribuindo ainda para o crescimento da pesquisa sobre o tema no Brasil (DURÁN *et al.*, 2017).

Estima-se que para cada tonelada de café verde processado e para cada quilo de café solúvel produzido, sejam gerados 650 kg de borra de café (MURTHY; NAIDU, 2012). No Brasil, diariamente, são processadas quase 10.000 toneladas de café verde, gerando uma grande quantidade de resíduos sem destinação sustentável (CONAB, 2016).

Este capítulo apresenta contribuição técnica e científica acerca do conhecimento dos resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento de café e suas aplicações sustentáveis em nível nacional e internacional.

## 1 Método

Como forma de levantar o conhecimento existente e publicado acerca da valorização de resíduos de beneficiamento do café, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que consiste em um método sistemático para realizar buscas que permitem a repetição por meio de ciclos contínuos até que os objetivos da revisão sejam alcançados (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

### 1.1 Revisão sistemática de literatura (RSL)

A RSL caracteriza uma inspeção, impulsionada por um questionamento formulado de maneira detalhada, que utiliza métodos

sistemáticos e transparentes para detectar, eleger e avaliar criticamente estudos relevantes. Além de extrair e verificar dados dos estudos que serão incluídos na revisão (MOHER *et al.*, 2009).

Nesta pesquisa, a RSL foi conduzida utilizando a recomendação Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), com auxílio do *software* StArt. Tal protocolo auxilia na seleção e no relato dos resultados da RSL com uso de meta-análises (MOHER *et al.*, 2009).

## 1.2 Software StArt

O StArt é um programa gratuito, desenvolvido pelo LaPES (Laboratório de Pesquisa em Engenharia de *Software*) da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos), e encontra-se disponível em: [http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start\\_tool](http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool). De acordo com Munzlinger, Narcizo e Queiroz (2012), o programa atende às etapas de uma RSL: planejamento, execução e sumarização. Além de fornecer ferramentas de filtragem, extração de conteúdo dos estudos e algumas análises quantitativas.

## 1.3 Protocolo software StArt

Primeiramente foi preenchido o Protocolo de Revisão Sistemática de Literatura (PRSL)<sup>4</sup>, que apresenta a estrutura metodológica para a execução da revisão. Nesse protocolo, foram inseridas as principais informações relacionadas à pesquisa, como nome dos pesquisadores, perguntas a serem respondidas durante o processo, os idiomas em que seria realizada a pesquisa, as palavras-chave e a *string* de busca, de modo que atendessem aos objetivos do trabalho. Também foram definidos os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, caracterizando a etapa de planejamento da RSL.

---

4 Disponível em: [http://www.valdick.com/RSL/ModeloProtocolo\\_RSL\\_MapasConceituaisnaAvaliaçãoProtocolo.docx](http://www.valdick.com/RSL/ModeloProtocolo_RSL_MapasConceituaisnaAvaliaçãoProtocolo.docx)

## 1.4 Busca na base de dados

Foi realizada a busca na base Scopus, em maio de 2021, que encontrou 389 estudos. A *string* de busca foi definida com base nas seguintes questões: “Quais os resíduos do beneficiamento de café são objeto de estudo nos artigos selecionados?”, e “Quais as principais aplicações para os resíduos do beneficiamento de café contidas nos artigos selecionados?”. Para tal, utilizaram-se as palavras-chave: *coffee*; *coffee dust*; *coffee process\**; *coffee waste*; *green coffee bean dust*; *residue*; *sustainab\**; *valorization*.

Sendo assim, a *string* de busca que teve o melhor desempenho aplicada na base de dados da Scopus foi: (TITLE-ABS-KEY (coffee\_waste OR coffee\_process\* OR coffee\_residue OR coffee\_dust) AND ABS ( residue OR coffee OR valorization OR sustainab\* OR waste OR coffee\_dust OR green\_coffee\_bean\_dust))AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2022 AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , “j”)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, “final”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “cp”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”) OR LIMIT-TO (LANGUAGE, “Portuguese” )).

As informações dos estudos foram extraídas do site no formato *Bib Tex*, que é uma linguagem de marcação que serve para descrever e processar referências bibliográficas em documentos LaTeX (BIBTEX, 2022).

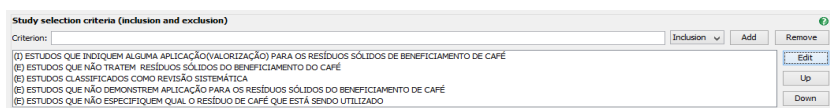
O intervalo de busca foi a partir do ano de 2015, a fim de se obter estudos recentes sobre resíduos de beneficiamento de café. O idioma definido para a pesquisa foi o Inglês. Após a inserção do arquivo de informações dos estudos, no formato Bibtex, no programa, não foram detectados artigos duplicados.

## 1.5 Elegibilidade: critérios de inclusão e exclusão

Os critérios foram definidos na etapa de planejamento e aplicados na etapa de seleção da RSL, o que possibilita determinar se os artigos serão incluídos ou excluídos da revisão. A designação dos critérios de exclusão se

deu a fim de eliminar estudos que: (1) não trataram de resíduos sólidos do beneficiamento do café, (2) foram classificados como revisão sistemática, (3) não demonstram aplicação para os resíduos sólidos do beneficiamento de café, (4) não especificaram qual o resíduo de café que estava sendo utilizado. Foram incluídos na revisão estudos que: (5) indicaram alguma aplicação (valorização) para os resíduos sólidos do beneficiamento de café (Figura 12.1). Na etapa de seleção, foram lidos os resumos e títulos de todos os estudos encontrados.

**Figura 12.1** — Critérios de inclusão e exclusão dos estudos



Fonte: De autoria própria (2021)

## 1.6 Sumarização dos resultados

Após serem aplicados os critérios de inclusão e exclusão (1), (2), e (3), foi efetuada a etapa de sumarização. Nessa etapa extraíram-se as informações de resposta aos questionamentos, através da releitura dos resumos e leitura das partes metodológicas dos artigos. As informações relativas aos tipos de resíduos e as aplicações investigadas foram adicionadas no StArt à medida que foram detectadas na reavaliação dos resumos e leitura das partes metodológicas dos artigos. Nessa etapa, foram excluídos estudos que não especificaram qual o resíduo de café estava sendo utilizado, aplicando o critério (5). Os dados extraídos foram fornecidos pelo *software* StArt por meio de tabelas no Excel.

## 1.7 Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises (PRISMA)

A RSL foi relatada seguindo as recomendações PRISMA, buscando garantir eficácia na descrição de todos os processos envolvidos na produção da revisão (Figura 12.2).

**Figura 12.2** — Fluxograma de quatro etapas da recomendação PRISMA

Fonte: MOHER et al. (2009).

A recomendação PRISMA consiste em um *checklist* com 27 itens e um fluxograma de 4 etapas (identificação, seleção, elegibilidade, inclusão). As instruções, atualizadas na plataforma no ano de 2020, foram obtidas no site da PRISMA<sup>5</sup>.

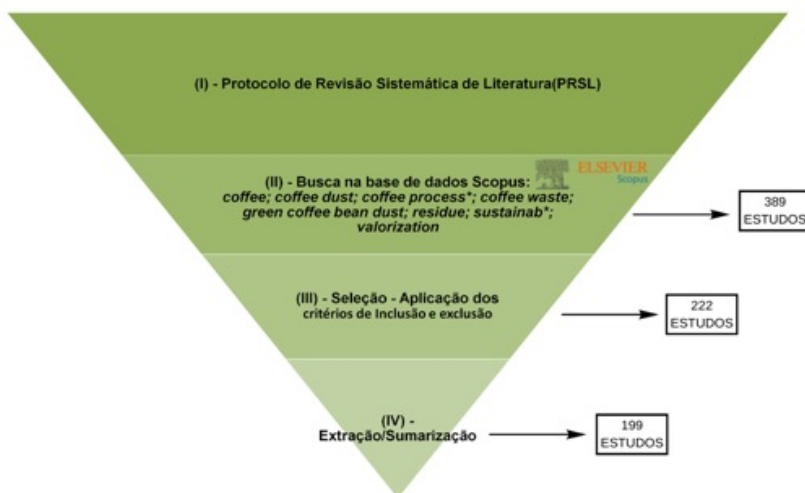
## 2 Resultados

A realização de uma RSL se faz necessária a partir do momento em que é preciso saber o “estado da arte” do assunto que está sendo pesquisado, ou seja, o estado atual de conhecimento sobre determinado tópico. O levantamento de dados na forma de revisão sistemática resulta em um alcance amplo de informações, o que contribui para um estudo de qualidade satisfatória. Além disso, é indispensável que as etapas do processo de execução da RSL sejam relatadas de forma clara e coesa. Sendo assim, aderindo às recomendações PRISMA e com auxílio do *software* StArt, foi possível construir uma revisão de modo que atenda às expectativas.

5 <http://www.prisma-statement.org/>

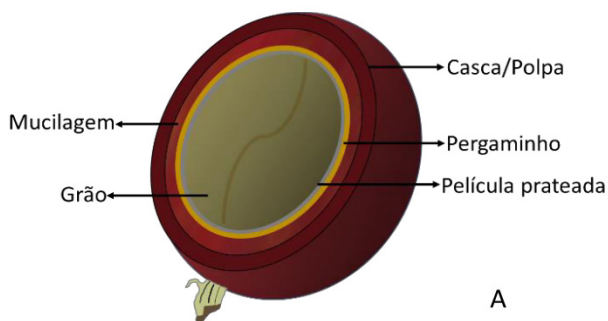
Como principais resultados referentes à RSL, destaca-se que foram selecionados e avaliados 199 artigos que permitiram identificar diferentes tipos de resíduos do beneficiamento do café, bem como sua caracterização e aplicação, com uso das recomendações PRISMA e do *software* StArt (Figura 12.3).

**Figura 12.3** — Etapas do processo da RSL, com uso do método PRISMA



Fonte: De autoria própria (2021)

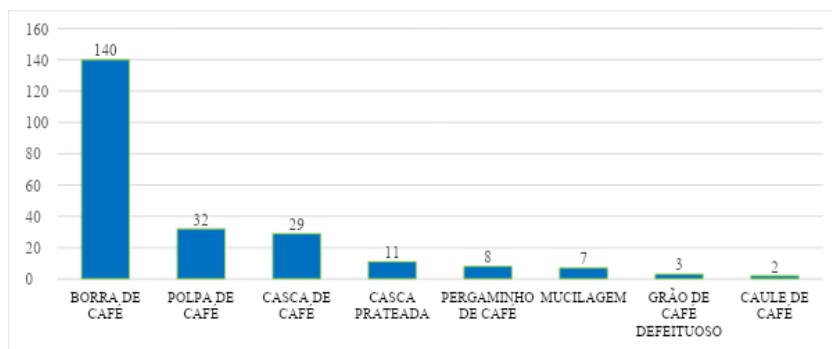
Constataram-se 8 tipos de resíduos que foram objeto de análise nos estudos encontrados, sendo eles: borra de café, polpa de café, casca de café, casca prateada de café, pergaminho de café, mucilagem, grãos de café defeituosos e o caule de café, estruturas lignocelulósicas que podem ser empregadas em diversas finalidades, como na produção de biocombustíveis, cosméticos, adsorventes, fertilizantes do solo, suplementação alimentar, dentre outros, de modo a enfatizar sua valorização. A estrutura simplificada do fruto do café pode ser observada na Figura 12.4.

**Figura 12.4** — Estrutura simplificada do fruto do café

Fonte: DURÁN *et al.* (2017)

Observa-se que o total de artigos sobre a borra de café supera o somatório dos estudos sobre os demais tipos de resíduos do seu beneficiamento, como se pode observar no Gráfico 12.1. Vale ressaltar que alguns desses estudos pesquisaram a utilização de mais de 1 resíduo como objeto de interesse. Sabendo que o café é uma das bebidas mais consumidas do mundo, é esperado que a borra de café seja produzida em grandes proporções diariamente. Os resíduos gerados em refeitórios, cafeterias, na esfera doméstica etc., são principalmente descartados em lixeiras e posteriormente encaminhados para aterros sanitários, ou até mesmo podem ser descartados na pia, onde o resíduo pode atingir corpos d'água pelo esgoto (FERNANDES *et al.*, 2017). Diante do exposto, é justificável que a investigação em prol da valorização da borra de café seja em maior número do que os demais resíduos.

**Gráfico 12.1** — Distribuição dos artigos encontrados, segundo tipologia dos resíduos do beneficiamento de café



Fonte: De autoria própria (2021)

No estudo realizado por Fernandes *et al.* (2017), que teve como objetivo investigar os efeitos mutagênicos, genotóxicos, citotóxicos e ecotóxicos de lixiviados e extratos solubilizados da borra de café; verifica-se que o extrato lixiviado apresentou caráter mais ácido, maior condutividade, salinidade e sólidos totais dissolvidos (SDT) do que o extrato solubilizado, como descrito na Figura 12.5.

**Figura 12.5** — Propriedades físico-químicas dos extratos lixiviados e solubilizados

Propriedades físico-químicas dos extratos lixiviados e solubilizados				
Resíduo Café Pilão®	pH	Condutividade (µs/cm)	Salinidade(ppt)	TDS*(ppt)
Solubilizado	5.7	2.60	1.34	1.89
Lixiviado	5.0	5.10	2.63	3.62

\*TDS: Sólidos dissolvidos totais

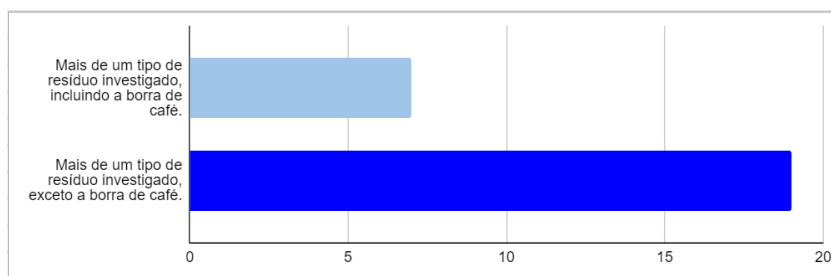
Fonte: FERNANDES *et al.* (2017)

Resultados similares aos observados na Figura 12.5 foram apresentados por Dadi *et al.*, (2018) para amostras de pergaminho de café, grãos de café defeituosos, casca prateada e borra de café, que mostraram valores de pH 5.6, 5.7, 5.4, e 5.7, respectivamente. A lixiviação e a solubilização contribuem com o processo de classificação dos resíduos. Estabelecer essa classificação é importante por ajudar

a compreender os riscos que os resíduos podem apresentar ao meio ambiente e à saúde humana, bem como auxiliar na escolha do melhor método de gerenciamento e destinação desses resíduos. Sabendo dos possíveis prejuízos do descarte inadequado do café ao meio ambiente, é importante estimular o desenvolvimento de estratégias para o seu tratamento ambientalmente correto, de modo a contribuir para uma economia circular.

A polpa do café representa entre 39 e 49% da massa do fruto fresco. As cascas do café-cereja representam 12% do fruto e a mucilagem entre 22 e 31% do fruto seco. O pergaminho constitui aproximadamente 3,8% do peso do fruto fresco, e 16-32 % do grão seco (DURÁN *et al.*, 2017). Na RSL realizada foram identificados 26 estudos relacionados à valorização dos resíduos de café (Gráfico 12.2).

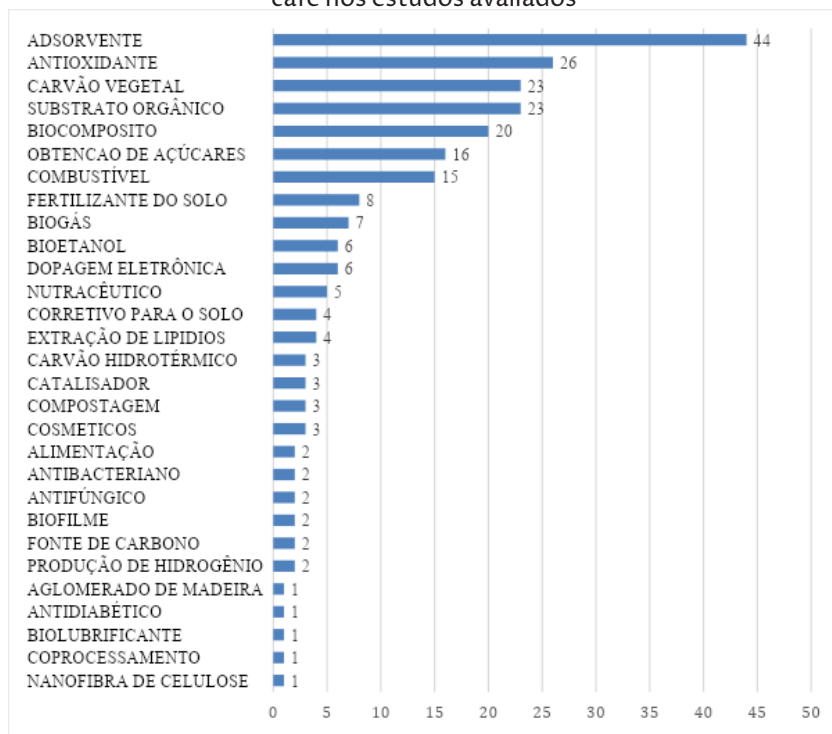
**Gráfico 12.2** — Estudos que investigaram a valorização de mais de um tipo de resíduo



Fonte: De autoria própria (2021)

Destaca-se, nos dados apresentados no Gráfico 12.2, que na maioria dos artigos identificados (19/26) a borra de café não havia sido investigada, o que pode indicar que as ações direcionadas para a valorização desse tipo de resíduo precisam ser mais investigadas.

Ao todo foram encontradas 29 aplicações diferentes para os resíduos gerados no processo de beneficiamento de café (Gráfico 12.3).

**Gráfico 12.3** — Distribuição das aplicações sustentáveis dos resíduos do café nos estudos avaliados

Fonte: De autoria própria (2021)

As aplicações encontradas para os resíduos do processo de beneficiamento de café são diversas e de grande importância para o ciclo de vida do produto. Esses resultados simbolizam a busca por oportunidades de melhorar a razão custo/benefício do processamento do café, observada nas diferentes aplicações dos resíduos (DURÁN *et al.*, 2017). O não aproveitamento desses resíduos, além de representar riscos ambientais, desperdiça materiais versáteis e de grande potencial econômico.

É possível destacar que, apesar de os subprodutos do beneficiamento de café possuírem amplo potencial de valorização em diferentes aplicações, as investigações se concentram em propor alternativas de uso dos resíduos sólidos de café, sobretudo como adsorventes, o

que evidencia a importância de estudos dessa natureza para despertar maior atenção sobre a temática, uma vez que o leque de possíveis aplicações é extenso, como destacado na Figura 12.3.

### 3 Considerações finais

A execução de uma revisão sistemática de literatura oferece bons resultados no que tange a um levantamento amplo de informações. Com o auxílio do StArt e das recomendações PRISMA, foi possível alcançar os objetivos e extrair as informações necessárias para esta RSL. Para mais, a utilização de resíduos gerados no beneficiamento de café configura uma abordagem sustentável e ecológica. A busca pelo aproveitamento dos resíduos sólidos tem avançado mediante um aumento da conscientização social em preservar o meio ambiente e proporcionar destino adequado aos resíduos oriundos das mais diversas atividades. Para que esse comportamento se mantenha e cresça, é necessário o desenvolvimento de novos estudos que visem avaliar o potencial desses resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

BERNI, M. D.; MANDUCA, P. C. Oportunidades da valorização de resíduos sólidos da colheita, processamento e torrefação do grão de café no Brasil. **Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias 2**, v. 16, p. 1-6, 2020.

BIBTEX. Your BibTex Resource. Disponível em: <http://www.bibtex.org/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café, Safra 2016-2017 – 4º Levantamento. **Brasília**, v. 3, n. 4, 2016. 82 p.

DADI, D. *et al.* Valorization of coffee byproducts for bioethanol production using lignocellulosic yeast fermentation and pervaporation. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 15, n. 4, p. 821-832, 2018.

DURÁN, C. A. A. *et al.* Coffee: General aspects and its use beyond drink. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 107-134, 2017.

FERNANDES, A. S. *et al.* Impacts of discarded coffee waste on human and environmental health. **Ecotoxicology and Environmental**

**Safety**, v. 141, p. 30-36, 2017.

FIGUEIRÓ, I. Jornal do Café. **ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café**, p. 36-38, 2019.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Journal of clinical epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1006-1012, 2009.

MUNZLINGER, E.; NARCIZO, F. B.; DE QUEIROZ, J. E. R. Sistematização de revisões bibliográficas em pesquisas da área de IHC. **Brazilian Computer Society**, v. 5138, p. 51-54, 2012.

MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p.897-903, 2012.

OIC. Ano cafeeiro de 2019/20 termina com excedentes. **Relatório Sobre o Mercado de Café**, p. 1-8, 2020.

## CAPÍTULO 13

### AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE COPRODUTO DE ACIARIA E GRANULADA DE ALTO FORNO EM MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

Patrício José Moreira Pires

Priscila do Nascimento

Felipe Devens Costa

#### Introdução

Os pavimentos são estruturas de várias camadas, onde o revestimento é a camada que se destina a receber a carga dos veículos e as ações climáticas. Por essa razão, essa camada deve ser impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados, conforme a carga e a velocidade dos veículos (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Em virtude das solicitações impostas pelo tráfego e das ações dos agentes atmosféricos (ar, sol e água), o ligante asfáltico sofre um processo de envelhecimento, onde se torna quebradiço e rígido. Obter um programa de manutenção do pavimento asfáltico é muito importante para reduzir a evolução dos defeitos, reabilitar as condições funcionais e aumentar a vida útil da rodovia, assim mantendo segurança e conforto aos usuários. Entretanto essa manutenção deve ser realizada antes

que a camada superficial perca sua capacidade estrutural (CERATTI; REIS, 2011; ZHENGBING, 2014).

O microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF) é um dos tratamentos disponíveis para manutenção e preservação de pavimentos asfálticos, atuando como camada selante, impermeabilizante e rejuvenescedora. Trata-se de uma combinação de mistura de agregados bem graduados (com forma cúbica e resistentes), emulsão asfáltica catiônica (elastomérica de ruptura controlada), material de enchimento (filer) e outros aditivos, misturados e assentados em um pavimento estruturalmente sólido e previamente preparado (ZULU; MUKENDI, 2018; DNIT 035, 2018).

Os agregados constituem aproximadamente de 90 a 95% em peso da composição do MRAF. Dessa forma, a qualidade do agregado é fator preponderante para que se obtenha o MRAF com boa resistência. Um agregado de boa qualidade refere-se a um agregado com resistência à quebra, com boa durabilidade, com baixa presença de argila/silte, boa adesividade ao ligante betuminoso e com forma cúbica (CERATTI; REIS, 2011).

No Brasil, os recursos de exploração de agregados naturais são geralmente abundantes, porém existem algumas regiões com escassez desse recurso, principalmente aquelas localizadas próximas aos grandes centros consumidores, o que encarece o preço para o consumidor final devido ao custo de transporte, além de gerar degradação ao meio ambiente. Esses são alguns dos fatores motivadores para a busca e utilização de materiais alternativos (RIBEIRO, 2008; CUTI, 2008).

Alguns tipos de agregados alternativos originados a partir de resíduos industriais vêm sendo aplicados na pavimentação. A reciclagem desses materiais gera benefícios diretos ao meio ambiente e ainda possibilita uma redução de custos na execução de obras quando há facilidade de se obter esses tipos de agregados. Alguns desses resíduos são provenientes do processo de fabricação do aço (LOIOLA, 2009).

Segundo o Instituto Aço Brasil (2020), em 2018 o Brasil alcançou o 9º lugar no ranking mundial de produção de aço bruto, sendo produzidos nesse ano aproximadamente 35,4 milhões de toneladas. Segundo

dados da empresa siderúrgica Arcelor Mittal Tubarão (2020), o estado do Espírito Santo é responsável por cerca de 25% da produção de aço nacional. Somente em 2018 essa empresa produziu aproximadamente 7 milhões de toneladas de aço bruto.

Durante a produção do aço nas indústrias siderúrgicas, são gerados dois principais tipos de resíduos, que são resultados de processos diferentes, as escórias de alto forno e as escórias de aciaria, cada qual com suas características próprias. Em 2018, foram gerados 22 milhões de toneladas de coprodutos, sendo 40% coprodutos de alto forno e 27% de aciaria (IAB, 2020).

Diante do grande volume de resíduos e coprodutos gerados pela indústria siderúrgica, nas últimas décadas, busca-se reinseri-los na economia de diversas formas. Dos agregados siderúrgicos de alto forno reaproveitados, 98% são utilizados como matéria-prima para a produção de cimentos. Porém como o mercado da construção civil (maior consumidor do cimento) oscila conforme a economia do país, tem-se a necessidade de obter alternativas para esses coprodutos. Em relação às escórias de aciaria, sua maior utilização são aplicações em pavimentações e nivelamento de terrenos/aterros (IAB, 2018).

Diante disso, este artigo tem como objetivo principal avaliar a possibilidade de uso de agregados alternativos, provenientes do processo de fabricação do aço, na produção do MRAF, a fim de se obter misturas mais resistentes, além de contribuir para o meio ambiente. São utilizados dois tipos de escórias, as geradas no alto forno (escória granulada de alto forno – EGAF) e na aciaria (*Linz-Donawitz* – LD) como substituição parcial dos agregados naturais na produção do MRAF.

## 1 Materiais e métodos

### 1.1 Materiais

Os agregados naturais utilizados para composição das misturas são de origem granítica e foram provenientes da pedra Brásitália, localizada no município de Cariacica no estado do Espírito Santo, são

eles: brita 0 com diâmetro de 0 a 9,5mm, a granilha e o pó de brita com diâmetro de 0 a 4,75mm.

Os agregados siderúrgicos (AS) que foram utilizados nesta pesquisa para compor as misturas de MRAF, foram disponibilizados pela empresa Arcelor Mittal Tubarão localizada no município de Serra, no estado do Espírito Santo. Sendo eles, respectivamente, escória granulada de alto forno (EGAF) e escória de aciaria LD.

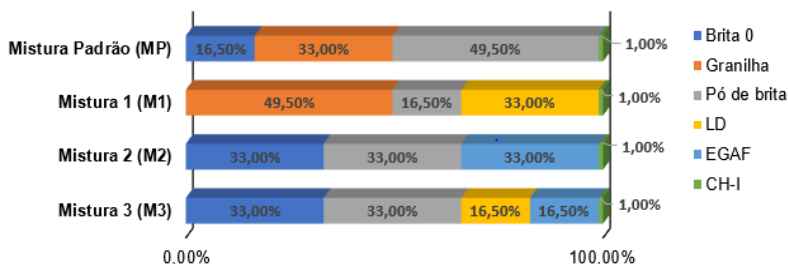
Optou-se por utilizar a cal hidratada CH-I como filer mineral, por ser um material usualmente utilizado em misturas de microrrevestimentos.

A emulsão asfáltica (catiônica modificada por polímeros elastoméricos de ruptura controlada (RC1C-E)) utilizada no programa experimental foi fornecida pelo grupo Disbral, empresa localizada no município de Aparecida de Goiânia, no estado de Goiás.

## 1.2 Composição das misturas asfálticas

Após análise da composição granulométrica de cada material individualmente, foi possível definir a composição de cada mistura a fim de atender à faixa II da norma de microrrevestimento asfáltico do DNIT 035:2018. A figura 13.1 ilustra a composição das misturas estudadas nesta pesquisa.

**Figura 13.1** — Composição das misturas de MRAF



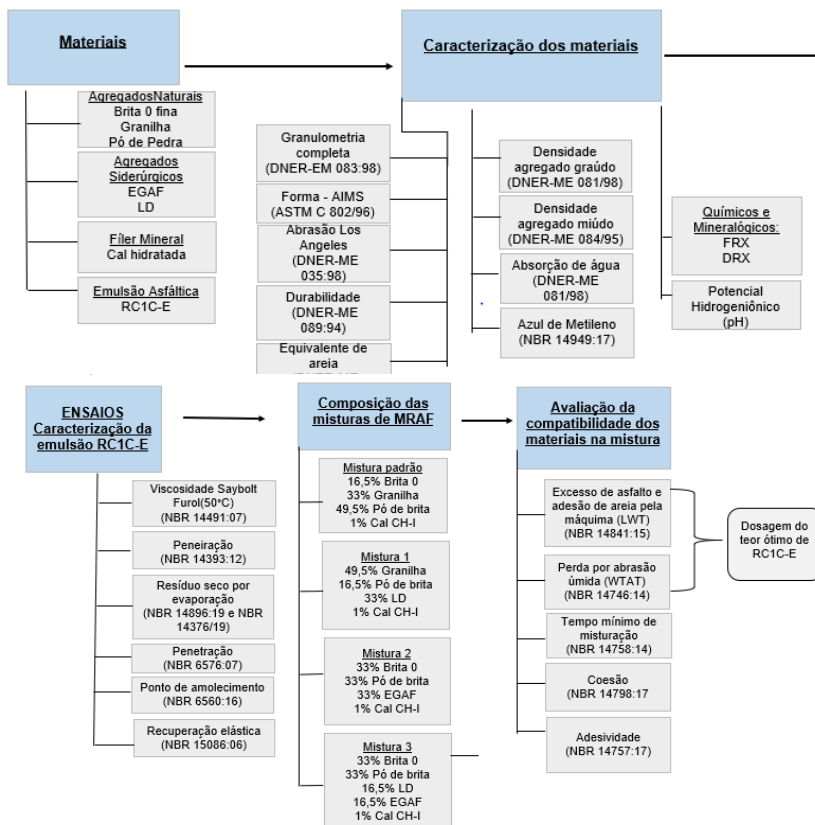
Fonte: De autoria própria (2021)

O critério adotado para essas misturas foi maximizar o percentual de agregado siderúrgico utilizado, respeitando a faixa granulométrica almejada, o percentual utilizado dos dois agregados siderúrgicos foi o mesmo, a fim de melhor comparação

### 1.3 Métodos

O programa experimental foi dividido em três etapas: a primeira etapa refere-se à caracterização completa dos agregados naturais e siderúrgicos e da emulsão asfáltica. Além disso, é apresentada a composição das misturas estudadas, definidas por meio de análise da composição granulométrica de cada agregado, a fim de atender à faixa granulométrica exigida em normas para as misturas de microrrevestimentos. Na segunda etapa, é realizada a dosagem da emulsão asfáltica nas misturas por meio dos ensaios LWT e WTAT, a fim de definir o teor ótimo de emulsão para cada mistura estudada. Posteriormente, na terceira etapa, são realizados os ensaios exigidos para avaliar a compatibilidade e desempenho das misturas em laboratório. O fluxograma apresentado na Figura 13.2 apresenta o programa experimental desta pesquisa para melhor esclarecimento.

Figura 13.2 — Fluxograma do método experimental

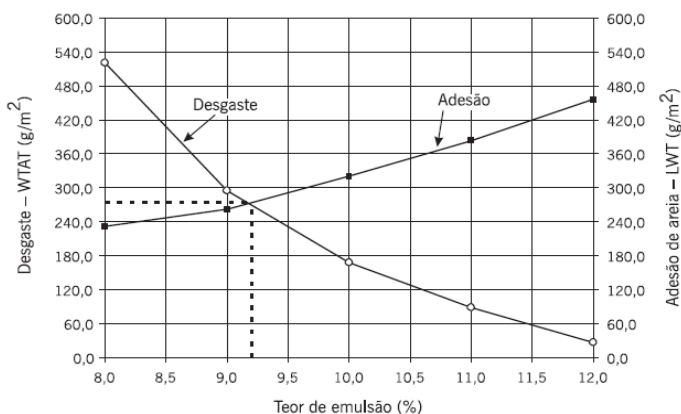


Fonte: De autoria própria (2021)

Após a determinação da composição das misturas (apresentada na Figura 13.1) por meio de análise da composição granulométrica de cada agregado, a fim de atender à faixa II da norma DNIT 035/2018, foram realizados os ensaios LWT e WTAT para determinação da dosagem, teor ótimo de emulsão asfáltica nas misturas de MRAF. Após submeter os corpos de provas aos ensaios LWT e WTAT, os resultados obtidos são representados por meio de um gráfico (Figura 13.3), onde, na interseção das curvas dos dois ensaios, pode se determinar o teor de projeto a ser adotado. Essa interseção significa que aquele teor de emulsão será

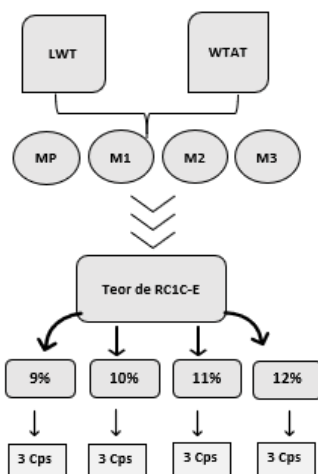
suficiente para não desgastar a mistura acima do valor limite e para não ocorrer exsudação acima do permitido na camada de revestimento. A Figura 13.4 apresenta fluxograma dessa etapa de dosagem.

**Figura 13.3** — Determinação do teor de ligante asfáltico residual de projeto do MRAF



Fonte: BERNUCCI *et al.* (2010)

**Figura 13.4** — Dosagem das misturas de MRAF



Fonte: De autoria própria (2021)

Antes de iniciar os ensaios para dosagem, é necessário realizar o ensaio de tempo mínimo de mistura, conforme NBR 14758:2014, o qual tem o objetivo de determinar o tempo mínimo para a mistura dos materiais antes do início da ruptura da emulsão asfáltica. O ensaio é realizado de forma simples, é executada a mistura dos materiais (agregados, filler e emulsão), essa mistura deve permanecer de forma semifluida, com consistência homogênea, com agregados totalmente recobertos pela emulsão, sem escorrimento de líquidos, por no mínimo 120 segundos. A Figura 13.5 ilustra o ensaio em execução.

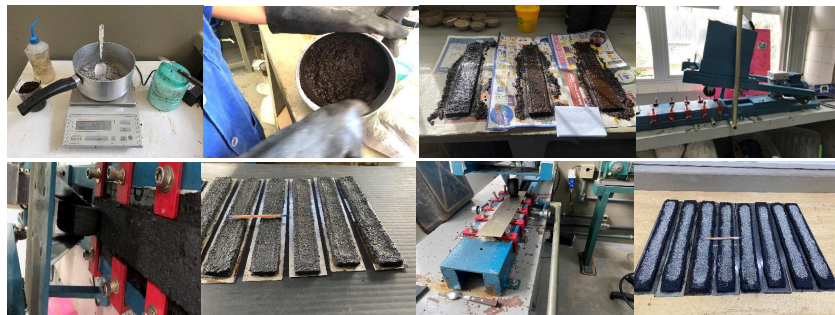
**Figura 13.5** — Determinação do tempo de mistura



Fonte: De autoria própria (2021)

O ensaio LWT é realizado para determinação da resistência à exsudação de asfalto (adesão da areia à superfície do corpo de prova de MRAF), o procedimento desse ensaio é descrito na NBR 14841:2015. Nele o corpo de prova é submetido à ação compactadora do movimento de uma roda de borracha, simulando o tráfego, e também é determinado o teor máximo de ligante residual a ser utilizado no MRAF. A Figura 13.6 ilustra o ensaio em execução.

**Figura 13.6** — Execução do ensaio para determinação da adesão de areia pela máquina LWT



Fonte: De autoria própria (2021)

O ensaio WTAT, realizado conforme NBR 14746:2014, tem o objetivo de determinar a resistência à abrasão de misturas de microrrevestimentos sob ação simulada da água e do tráfego, onde é realizada uma simulação dos efeitos de um veículo esterçando e freando sobre uma superfície úmida, além de definir o teor mínimo de ligante residual a ser utilizado nas misturas. A Figura 13.7 ilustra o ensaio em execução.

**Figura 13.7** — Execução do ensaio para determinação da resistência à abrasão úmida – WTAT



Fonte: De autoria própria (2021)

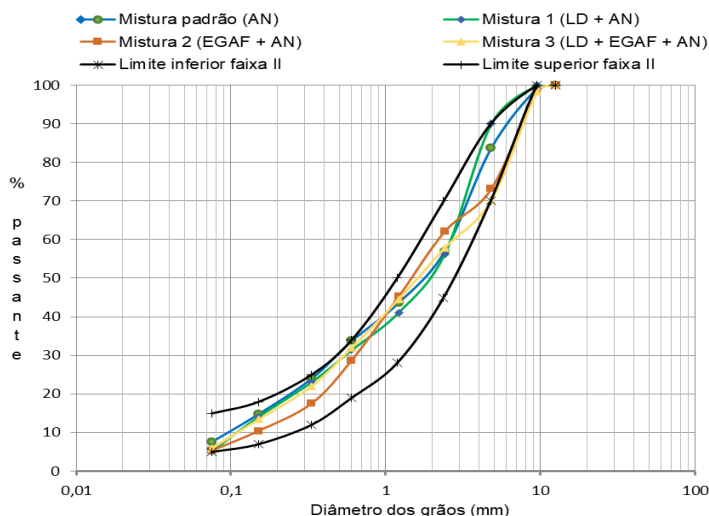
Após determinação do teor ótimo de emulsão asfáltica para cada mistura de MRAF, são realizados os ensaios de adesividade das misturas e coesão para características de cura das misturas. O ensaio de adesividade foi realizado de acordo com a norma NBR 14757:2017 e tem por objetivo determinar de forma qualitativa a adesividade (resistência à água) após a cura. O ensaio de coesão foi realizado conforme a NBR 14798 e tem por objetivo determinar a resistência ao torque superficial de uma mistura durante o seu processo de cura, sendo possível determinar o tempo de liberação do tráfego.

## 2 Resultados

### 2.1 Caracterização dos materiais

A primeira etapa realizada foi a granulometria individual de cada agregado (natural e siderúrgico) a fim de verificar as possíveis misturas, priorizando utilizar os agregados em sua forma real. As curvas foram comparadas aos limites inferiores e superiores da faixa II do DNIT (faixa utilizada nesta pesquisa), e, em seguida, foi realizada a combinação dos agregados a fim de obter uma curva granulométrica dentro dessa faixa.

A Figura 13.8 apresenta as curvas granulométricas das misturas estudadas nesta pesquisa e as curvas da faixa II do DNIT com seus limites inferiores e superiores. Como pode ser observado, as misturas se enquadram dentro desses limites.

**Figura 13.8 — Granulometria das misturas**

Fonte: De autoria própria (2021)

A tabela 13.1 apresenta os resultados de caracterização dos agregados segundo a norma DNIT 035:2018 e DNER-EM 262:94.

**Tabela 13.1 — Caracterização EGAF, LD e agregado natural**

Ensaio (Caracterização dos agregados)	Normas	Resultados					Limites DNIT-ES 035/2018	Limites DNER-EM 262/94 (LD)
		LD	EGAF	Brita 0	Granilha	Pó de brita		
Abrãção Los Angeles (%)	DNER-ME 035:98	21,78%	-	44,86%	41,42%	-	Igual ou inferior 30%	Máximo 25%
Equivalente de areia (%)	DNER-ME 054:97	76,03%	99,69%	76,33%	93,53%	81,97%	Igual ou superior 65%	-
Densidade real do agregado miúdo (g/cm³)	DNER-ME 084/95	3,296	2,790	2,865	2,875	2,801	-	3 - 3,5
Densidade aparente do agregado graúdo (g/cm³)	DNER-ME 081/98	3,243	-	2,825	-	-	-	3 - 3,5
Absorção de água #3/8" - #4 (%)	DNER-ME 081/98	2,128%	-	1,079%	-	-	-	1 - 2
Durabilidade (%)	DNER-ME 089/94	2,21%	-	11,42%	-	-	Inferior 12%	0 - 5
Absorção de azul de metileno (ml/g)	NBR 14949/2017	2,0	6,5	10,0	8,0	8,0	Máximo 10ml	-
pH (potencial hidrogeniônico)	-	12,3	9,6	9,8	8,9	8,9	-	-

Fonte: De autoria própria (2021)

Conforme os resultados apresentados na Tabela 13.1, nota-se que o agregado siderúrgico LD atendeu aos requisitos impostos pela norma vigente específica para uso de escórias de aciaria para pavimentos rodoviários, ao mesmo tempo, atendeu às exigências que a norma vigente para misturas de MRAF determina para os agregados a ser utilizados em suas misturas.

Com relação à escória granulada de alto forno (EGAF), não existe uma norma específica para seu uso em pavimentos rodoviários, a norma DNER 260:94 (Escórias de alto forno para pavimentos rodoviários) é específica para as escórias não granuladas (resfriadas ao ar). Em seu item 5.2, é esclarecido que, para as escórias granuladas de alto forno, deverão ser consultada as exigências específicas para agregado miúdo. Dessa forma, nesta pesquisa, a EGAF será avaliada da mesma maneira que os agregados naturais, portanto apenas analisando os requisitos exigidos na norma de microrrevestimento (DNIT 035:18).

A resistência ao desgaste do agregado siderúrgico LD é superior quando comparada aos agregados naturais. A perda por abrasão da LD foi de 21,78%, enquanto a do agregado natural foi acima de 40%. Não foi necessário realizar esse ensaio com a escória granulada de alto forno, pois sua granulometria não se encaixa nas faixas exigidas na norma do ensaio abrasão Los Angeles. A norma de microrrevestimento (DNIT 035:18) especifica que a abrasão Los Angeles dos agregados deve ser igual ou inferior a 30%, porém a norma admite valores superiores, uma vez que os agregados tenham obtido desempenho satisfatório em utilização anterior. Esse parâmetro tem grande relevância no desempenho do MRAF, uma vez que agregados mais resistentes tendem a ter maior durabilidade em campo durante o uso do pavimento asfáltico. Dessa forma, tem-se a grande vantagem de utilizar esse agregado siderúrgico na composição do MRAF, uma vez que ele possui essa excelente característica e está dentro da especificação normativa, diferente dos agregados naturais.

Com relação aos resultados de equivalente de areia, todos os agregados atenderam à condição imposta pela norma DNIT 035:18.

O valor de massa específica superior da LD em relação aos agregados naturais e EGAF já era esperado, devido à sua composição química, em que o ferro está presente. Embora a norma de microrrevestimento não exija a realização desse ensaio, ele é muito importante, dado que influenciará negativamente no transporte, devido ao aumento de peso da carga transportada para um mesmo volume. Esse elevado valor de massa específica da LD, em relação aos outros agregados, também influencia um maior consumo de ligante, uma vez que o teor de ligante de projeto é em relação ao peso dos agregados, ou seja, para um mesmo volume de misturas com LD (com maior peso em massa), quando comparado às misturas sem LD, é necessária uma quantidade maior de emulsão asfáltica, já que sua porcentagem é em relação ao peso dos agregados.

Nota-se que a absorção de água da escória LD é duas vezes a absorção do agregado natural. Segundo Castro (2014), isso influencia no teor de água a ser utilizado na mistura de MRAF. Nesta pesquisa, observou-se que, nas misturas contendo LD, era necessária a adição de um a dois gramas a mais de água para uma boa trabalhabilidade da mistura e facilidade na moldagem dos corpos de provas.

Em relação à durabilidade, a norma para utilização de escórias de aciaria em pavimentos rodoviários (DNER 262:94) é bem mais criteriosa que a norma de microrrevestimentos (DNIT 035:18). A durabilidade da LD é bastante superior quando comparada aos agregados naturais, porém esse parâmetro foi atendido para as duas normas.

Quanto ao pH dos agregados (siderúrgicos e naturais), constata-se que todos foram superiores a 7, porém é importante observar o teor de silício em cada agregado, pois isso pode torná-lo mais ou menos básico. Segundo Bernucci *et al.* (2010), quanto menor o teor de silício, mais básico será o material. Os autores também citam que materiais ácidos costumam apresentar problemas com a adesividade, enquanto materiais básicos costumam apresentar ótimos resultados de adesividade com o ligante asfáltico.

Embora os agregados naturais e a EGAF não sejam tão básicos quanto a LD (pela quantidade de silício em suas composições — que

serão apresentados mais adiante), a emulsão RCIC-E é catiônica e possui emulsificantes em sua composição, que confere característica de boa adesividade entre o ligante e os agregados. Por esse motivo, nesta pesquisa, não houve problemas com a adesividade das misturas (conforme apresentado nos ensaios de avaliação destas).

Por fim, a reatividade superficial dos agregados naturais foi bem superior quando comparada aos agregados siderúrgicos. A reatividade da EGAF também foi superior à da LD. Neste ensaio, o azul de metileno com carga positiva (catiônica) vai neutralizando a carga negativa do agregado (aniônico), com isso, quanto maior o valor de adsorção do azul de metileno, mais reativo será o agregado. Castro (2014) também encontrou um resultado baixo de reatividade para escória de aciaria, mesmo resultado encontrado nesta pesquisa. Segundo o autor, agregados poucos reativos tendem a ter uma boa compatibilidade com a emulsão asfáltica.

Entretanto, nesta pesquisa, a emulsão utilizada RCIC-E (Emulsão asfáltica catiônica de ruptura controlada modificada por polímeros elastoméricos) teve uma boa compatibilidade com todos os agregados, não necessitando do uso de aditivos nas misturas.

Na análise química dos agregados, por meio dos resultados apresentados na fluorescência de raios-X, as escórias LD e EGAF apresentaram teores de óxido de cálcio similares. A EGAF e o agregado naturais se aproximam quanto ao teor de óxido de silício e alumínio em sua composição, quanto ao silício, explica-se o fato de terem pH parecidos. Os teores de óxido de silício próximos da EGAF e do agregado natural também explicam a alta reatividade que esses agregados apresentaram, enquanto a LD apresentou baixíssima reatividade por possuir um baixo teor desse óxido. Acredita-se que a emulsão RCIC-E poderia ser produzida com menor quantidade de emulsificante para ser utilizada com a LD, uma vez que os emulsificantes são dosados conforme a reatividade do material. Agregados mais reativos demandam mais emulsificantes ou emulsivos próprios para esse tipo de agregado, que, de uma forma ou outra, encarecem a emulsão.

A caracterização da emulsão asfáltica foi realizada para comparar os resultados aos resultados apresentados no certificado de qualidade apresentado pela empresa Disbral. Todos os resultados atenderam aos requisitos impostos pela norma DNIT 128:2010.

## 2.2 Dosagem das misturas

Primeiramente foi realizado o teste de misturação com as misturas e, como pode ser observado na Tabela 13.2, a emulsão utilizada nesta pesquisa atendeu ao tempo mínimo de misturação para todas as misturas, não necessitando de aditivos controladores de ruptura.

**Tabela 13.2** — Caracterização EGAF, LD e agregado natural

Mistura	Teor de água (%)	Teor de emulsão (%)	Tempo de misturação (s)
Padrão	8	10	210
Mistura 1	8	10	195
Mistura 2	8	10	275
Mistura 3	8	10	255

Fonte: De autoria própria (2021)

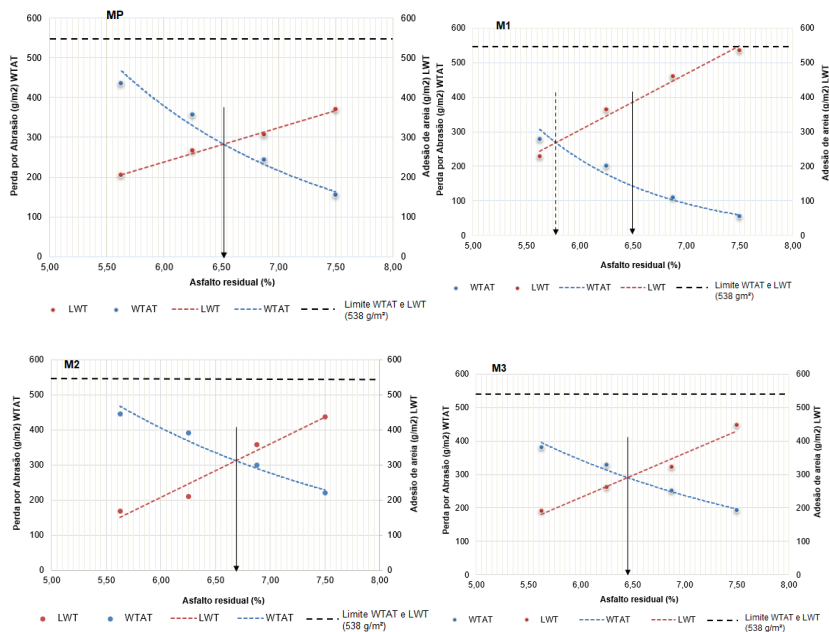
Na Tabela 13.3, são apresentados os resultados dos ensaios LWT e WTAT, bem como os teores ótimos de emulsão para cada mistura.

**Tabela 13.3 — Dosagem das misturas**

DOSAGEM DAS MISTURAS						
Teores utilizados			Mistura padrão (AN)		Mistura 01 (AN + LD)	
Asfalto residual (%)	Teor de emulsão (%)	Teor de água (%)	LWT (g/m <sup>2</sup> )	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	WTAT (g/m <sup>2</sup> )
5,63	9	9	204,2	436	227,73	278,3
6,25	10	8	265,97	357,3	363,45	200,4
6,88	11	7	305,88	242,5	458,82	108,4
7,5	12	6	369,33	154,15	534,03	55,14
			Teor ótimo de emulsão: 10,43% - Asfalto residual: 6,52%		Teor ótimo de emulsão: 10,4% - Asfalto residual: 6,5%	
Teores utilizados			Mistura 02 (AN + EGAF)		Mistura 013 (AN + LD + EGAF)	
Asfalto residual (%)	Teor de emulsão (%)	Teor de água (%)	LWT (g/m <sup>2</sup> )	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	WTAT (g/m <sup>2</sup> )
5,63	9	9	168,59	444,6	191,47	380,8
6,25	10	8	210,66	390,3	260,55	329,1
6,88	11	7	357,36	299,9	321,11	250,8
7,5	12	6	435,82	219,28	446,48	192,47
			Teor ótimo de emulsão: 10,72% - Asfalto residual: 6,7%		Teor ótimo de emulsão: 10,4% - Asfalto residual: 6,5%	

Fonte: De autoria própria (2021)

A Figura 13.9 apresenta as curvas para melhor análise dos resultados de dosagem apresentados.

**Figura 13.9** — Curvas LWT x WTAT das misturas avaliadas

Fonte: De autoria própria (2021)

Em uma análise geral das misturas, nota-se que, em todas elas, o teor de emulsão asfáltica mínimo exigido em norma foi atendido. Em destaque, tem-se a mistura 1, na qual foi produzida com agregado siderúrgico de aciaria do tipo LD e agregados naturais, que, como pode ser observado, na intersecção das curvas, apresentada pela seta tracejada, o teor ótimo de emulsão resultou em um teor abaixo do mínimo exigido em norma (6,5% de asfalto residual), na intersecção resultou em um teor de 5,8% de asfalto residual (9,28% de emulsão asfáltica). Acredita-se que o motivo disso se deve ao fato de que a LD tem maior resistência quanto à perda por abrasão — perda por abrasão úmida da mistura 1 foi três vezes menor que a mistura padrão. Diante disso, para a mistura 1, foram realizados os ensaios para avaliação das misturas com os dois teores (mínimo exigido em norma e o teor ótimo que se obteve na intersecção das curvas).

## 2.3 Avaliação das misturas com seus respectivos teores ótimos

Foi realizado o ensaio de perda por abrasão úmida após seis dias de imersão conforme exigido em normas para verificação da resistência à abrasão dessas misturas. Foram moldadas quatro amostras para cada mistura, utilizando o teor ótimo de emulsão e, após seis dias de saturação, os corpos de provas foram submetidos ao ensaio WTAT. A Tabela 13.4 apresenta os resultados médios do desgaste obtido em cada mistura.

**Tabela 13.4** — Resultados de WTAT após 6 dias de imersão

Mistura	Teor ótimo de emulsão (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> ) 6 dias
Mistura Padrão	10,43	459,74
Mistura 1	10,4	336,16
Mistura 1	9,28	357,58
Mistura 2	10,72	494,54
Mistura 3	10,4	495,35

Fonte: De autoria própria (2021)

A norma ISSA A-143:2010 (*Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing*) estabelece que, após seis dias de saturação, o desgaste máximo deve ser de 807 g/m<sup>2</sup>, nota-se que para todas as misturas o desgaste por abrasão úmida foi bem inferior ao máximo especificado em norma. Nesse caso, todas as misturas atenderam a esse requisito. Destaca-se, mais uma vez, as misturas com adição de escória LD, que obtiveram os menores resultados de desgaste para 60 minutos de saturação (tempo utilizado na dosagem) e para 6 dias, esse resultado comprova que esse material é muito mais resistente que os agregados naturais, tornando a mistura mais resistente quanto à abrasão úmida, característica relevante para misturas de MRAF.

Na análise de adesividade das misturas, os resultados foram satisfatórios para todas, inclusive para mistura 1, com teor mínimo do exigido em norma para emulsão asfáltica. As Figuras 13.10 e 13.11 ilustram os resultados encontrados nesta análise.

**Figura 13.10** — Adesividade das misturas



Fonte: De autoria própria (2021)

Como pode ser observado, todas as misturas tiveram adesividade satisfatória com a utilização do teor ótimo em cada mistura. Mesmo para os agregados menos básicos como EGAF e AN, isso ocorre pelo tipo de emulsão utilizada (RC1C-E), empregada em misturas de MRAF.

**Figura 13.11** — Adesividade das misturas



Fonte: De autoria própria (2021)

Nota-se que, mesmo utilizando um teor menor que o mínimo estabelecido pela norma, os agregados tiveram um bom recobrimento do ligante asfáltico, não se viu diferença de recobrimento dos teores apresentados. Sendo assim, a adesividade para os dois teores foi satisfatória.

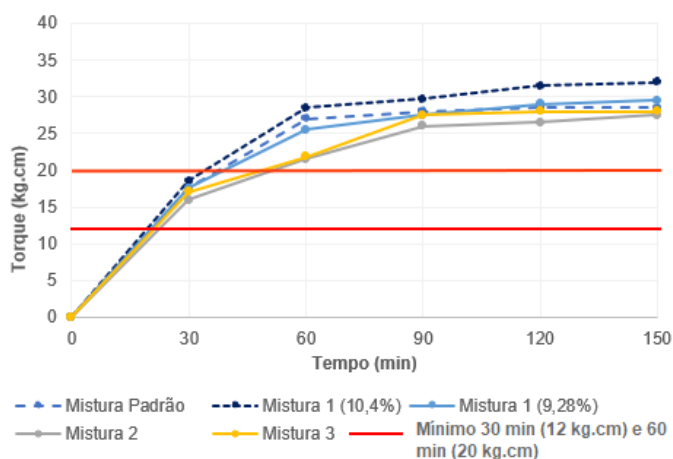
Os resultados de coesão da mistura realizados em todas as misturas são apresentados na Tabela 13.5 e sua representação gráfica ilustrada na Figura 13.12.

**Tabela 13.5** — Resultados de coesão para as misturas

	Mistura Padrão 10,43%	Mistura 01 10,4%	Mistura 01 9,28%	Mistura 02 10,72%	Mistura 03 10,4%	Limite DNIT-ES 035/2018
Tempo (min)	Torque kg.cm	Torque kg.cm	Torque kg.cm	Torque kg.cm	Torque kg.cm	Torque kg.cm
0	0	0	0	0	0	0
30	17,5	18,5	17,5	16	17	12
60	27	28,5	25,5	21,5	21,8	20
90	28	29,7	27,5	26	27,5	-
120	28,5	31,5	29	26,5	28	-

Fonte: De autoria própria (2021)

**Figura 13.12** — Determinação da coesão das misturas



Fonte: De autoria própria (2021)

Diante dos resultados apresentados, nota-se que as misturas estão bem coesas, com isso possibilitando liberar o tráfego no tempo ideal para microrrevestimento. A norma (DNIT 035:18) determina que a coesão para o tempo de 30 minutos deve ser 12 kg.cm, e para o tempo de 60 minutos, 20 kg.cm, logo todas as misturas atenderam a essa exigência. Essa boa coesão se dá pela emulsão asfáltica utilizada, com isso é possível comprovar que ela possui, de fato, uma ruptura controlada, característica essencial para utilização em misturas de microrrevestimento, outros tipos de emulsão (ruptura lenta, utilizada para lamas asfálticas) não iriam apresentar tais resultados.

### 3 Considerações finais

De uma maneira geral, por meio dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi constatado que os agregados siderúrgicos têm potencial para serem empregados em misturas de MRAF. Os dois agregados siderúrgicos atenderam a todas as exigências para essas misturas, em especial a escória de aciaria LD que obteve resultados relevantes para obter misturas de MRAF com mais qualidade.

Dessa forma, a partir dos resultados apresentados nesta pesquisa, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Quanto à caracterização física dos agregados naturais e siderúrgicos, os resultados foram satisfatórios e atenderam aos requisitos normativos para uso em MRAF. A escória de aciaria LD também atendeu às exigências para seu uso em pavimentos asfálticos.
- Por meio da análise da composição química desta pesquisa, constatou-se que o óxido de silício presente em grande abundância nos agregados naturais e na EGAF propiciou maior reatividade nesses agregados. A escória LD apresentou um teor baixo desse óxido, isso explica a baixa reatividade que esse agregado obteve. Além disso, a quantificação desses óxidos citados explica os resultados de pH, apesar de todos se apresentarem como básicos (pH acima de 7), a LD se apresentou mais básica por possuir em sua composição um teor de óxido de silício mais baixo.

- Apesar da variação de reatividade dos agregados utilizados nesta pesquisa, a emulsão asfáltica utilizada obteve boa compatibilidade com todos eles, não necessitando de adição de aditivos químicos. Essa verificação foi por meio do ensaio de tempo de mistura, que obteve resultados satisfatórios dentro dos parâmetros normativos. É importante destacar que essa característica depende do tipo e quantidade de emulsificantes utilizados na emulsão asfáltica.
- Acredita-se que a emulsão RC1C-E poderia ser produzida com menor quantidade de emulsificante para ser utilizada com a LD, uma vez que os emulsificantes são dosados conforme a reatividade do material. Agregados mais reativos demandam mais emulsificantes ou emulsivos próprios para esse tipo de agregado, que, de uma forma ou outra, encarecem a emulsão.
- Quanto ao teor de emulsão asfáltica das misturas estudadas, constatou-se a tendência apresentada na literatura, quanto maior o teor de emulsão na mistura, maior será a exsudação e menor o desgaste. A mistura padrão (apenas com agregados naturais) apresentou um teor ótimo de emulsão de 10,43%. A mistura contendo 33% de escória LD (mistura 1) obteve os melhores resultados para desgaste por abrasão úmida, essa mistura apresentou baixos desgastes, até mesmo para baixo teor de emulsão, com isso proporcionando a diminuição do percentual ótimo da emulsão asfáltica. O teor ótimo da mistura 1 foi de 9,28%, abaixo do mínimo exigido em norma, que é 10,4%. As misturas com 33% de EGAF (mistura 2) e com 16,5% de LD e 16,5% de EGAF (mistura 3) apresentaram teores ótimos próximos da mistura de referência, 10,72% e 10,4% respectivamente. De uma maneira geral, todas as misturas apresentaram bons resultados, em nenhuma delas foram ultrapassados os limites para exsudação e desgaste, assim viabilizando o uso desses agregados siderúrgicos em misturas de microrrevestimentos. Mesmo obtendo resultados dentro dos limites estabelecidos em norma, com 9,28% de emulsão (mistura 1), a utilização de um teor menor que o mínimo estabelecido em norma pode implicar problemas futuros com a durabilidade da mistura.

Diante do apresentado, conclui-se que a utilização de agregados siderúrgicos em misturas de microrrevestimento é viável, uma vez que todos os testes exigidos em normas foram atendidos de forma satisfatória. Além disso, a utilização do agregado siderúrgico LD nessas misturas mostrou um elevado aumento na resistência da mistura, contribuindo para uma diminuição no teor de emulsão utilizado, assim reduzindo o custo da obra. Porém, para uma correta verificação desse parâmetro, é necessária uma avaliação no longo prazo da mistura em campo, para verificar se a utilização de um teor abaixo do estabelecido como mínimo em norma influencia na vida útil da mistura.

## REFERÊNCIAS

ABEDA. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos. **Manual Básico de Emulsões Asfálticas**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

APAZA, F. R. A. *et al.* Estudo sobre a utilização de Resíduo de Minério de Ferro em microrrevestimento asfáltico. **Transportes**, v. 26, n. 2, p. 118-138, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14841**: Misturas asfálticas - Determinação da adesão de areia em microrrevestimentos asfálticos a frio por meio da máquina LWT. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14798**: Microrrevestimentos asfálticos - Determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14757**: Microrrevestimentos e lamas asfálticas - Determinação da adesividade de misturas. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14758**: Microrrevestimentos asfálticos - Determinação do tempo de mistura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14841**: Misturas asfálticas - Determinação da adesão de areia em microrrevestimentos

asfálticos a frio por meio da máquina LWT. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14746**. Microrrevestimentos a frio e lama asfáltica – Determinação de perda por abrasão úmida (WTAT): Rio de Janeiro, 2014.

BERNUCCI, L.B. *et al.* **Pavimentação asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010. 3. Reimp.

CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. **Manual de microrrevestimento asfáltico a frio** - MRAF. Instituto Pavimentar. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2011.

CASTRO, P. B. **Avaliação do emprego de agregados alternativos em microrrevestimento asfáltico**. 2014. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CUTI, C. A. C. **Metodologia para cadastro georreferenciado de pedreiras – Estudo de caso de duas pedreiras no entorno de Goiânia/GO**. 2008. Projeto de Pesquisa - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER - EM 262**: Escórias de aciaria para pavimentos rodoviários. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 035 – ES. **Pavimentação asfáltica** - Microrrevestimento asfáltico - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2018.

HASSAN, R. **Surface rehabilitation techniques**: state of the practice design, construction and performance of micro-surfacing. Washington: Federal Highway Administration (FHWA), 1994.

IAB. Instituto Aço Brasil. Relatório de Sustentabilidade 2018. **Aço Brasil**,

2018. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/assets/pdfs/A%C3%A7o%20Brasil%20%C2%BB%20Completo.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

IAB. INSTITUTO AÇO BRASIL. Folder Aço Brasil Sustentabilidade 2019. **Aço Brasil**, 2019. Disponível em: [https://acobrasil.org.br/site/wpcontent/uploads/2019/08/Folder\\_AcoBrasil\\_Economia\\_2019.pdf](https://acobrasil.org.br/site/wpcontent/uploads/2019/08/Folder_AcoBrasil_Economia_2019.pdf). Acesso em: 08/09/2020.

LOIOLA, P. R. R. **Estudos de agregados e ligantes alternativos para emprego em tratamentos superficiais de rodovias**. 2009. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RIBEIRO, L. F. M. **Análise da cadeia produtiva do setor de mineração de rochas para produção de agregados no Estado de Goiás, com vistas ao aproveitamento dos resíduos em aplicações geotécnicas**. 2008. Projeto de Pesquisa - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

ZULU, K.; MUKENDI, K. K. An in-depth evaluation of micro-surfacing treatment. **Civil Engineering Journal**, v. 4, n. 9, p. 2242-2251, 2018.

ZHENGBING, L. Asphalt Pavement Preventive Maintenance Technology Overview. **Applied Mechanics and Materials**, v. 638-640, p. 1135-1138, 2014.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### **Maria Claudia Lima Couto**

Formada em Engenharia Civil e Mestra em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do Instituto Federal do Espírito. Vice-diretora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Seção ES (2021-2023). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - *Campus* Vitória. Gestora do Núcleo de inovação e propriedade intelectual do Ifes - *Campus* Vitória. Atua nas áreas de Gestão e Gerenciamento de Resíduos, Saneamento e Tratamento de efluentes.

### **Marcos Paulo Gomes Mol**

Formado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP (2006), Mestre (2011) e Doutor (2016) em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG; realizou doutorado sanduíche na London School of Hygiene and Tropical Medicine, UK (2015-2016), sob tutoria do Prof. Sandy Cairncross. Foi coordenador da Unidade de Gestão Ambiental da Fundação Ezequiel Dias (FUNED) em Belo Horizonte, (2007 a 2015) e atualmente é pesquisador da FUNED, coordenando o grupo de Pesquisa Saúde e Meio Ambiente, credenciado no CNPq. É docente no programa de Mestrado Profissional em Biotecnologia da FUNED. Atua como membro da COPAGRESS - Comissão Permanente de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Ocupa o cargo de Coordenador da Divisão de Ciência e Inovação da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento da FUNED.

## **SOBRE OS AUTORES**

### **Adalmario Neto Silva de Freitas**

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba), graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

### **Aline de Souza Lopes**

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário.

### **Amanda Diniz de Moura**

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

### **Ana Luiza Kruger Velten Rodrigues Pinto**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

### **Aramis Cortes de Araújo Junior**

Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Especialista em Políticas Territoriais no Estado do Rio de Janeiro pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Mestre em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Doutor em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atualmente é professor do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus* de Alegre.

### **Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho**

Professor no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - *Campus* Ibatiba. Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1998). Mestre em Meio Ambiente e Sustentabilidade pelo Centro Universitário de Caratinga (2004). Doutorado em Produção Vegetal (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Espírito Santo (2018).

### **Benvindo Sirtoli Gardiman Junior**

Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Florestais (2012) e Doutor em Produção Vegetal (2018), ambos pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Professor no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - *Campus* Ibatiba).

### **Beatriz Torezani Sacramento**

Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). Atuou como Diretora de Projetos no ciclo 2020-2021 no time Enactus Ifes Vitória, projeto de extensão vinculado ao Ifes *Campus* Vitória. É coautora do *e-book* “Lapassion Goiânia: como contribuir para uma sociedade inclusiva e sustentável” (Editora Alta Performance, 2021).

### **Breno Licerio Torquato**

Engenheiro Ambiental pela FAESA Centro Universitário

### **Dayane Valentina Brumatti**

Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e Mestrado em Meteorologia Agrícola, pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Engenheira de Segurança do Trabalho, na Faculdade Pitágoras (2013), de Educação Ambiental, na Universidade Federal de Minas Gerais (2016) e Educação Ambiental e Sustentabilidade, no Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* Ibatiba (2019). Atuou como Engenheira Ambiental efetiva na Prefeitura Municipal de Ibatiba, entre os anos de 2012 e 2020. Atualmente é doutoranda em engenharia ambiental na Ufes.

### **Felipe Devens Costa**

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal do Espírito Santo. Desenvolveu seu trabalho de conclusão de curso sobre a aplicação de coprodutos da indústria siderúrgica na técnica de microrrevestimento asfáltico a frio em obras de pavimentação e recuperação de superfícies de pavimentos.

### **Francisco de Assis Ferreira**

Graduado em Tecnologia em Gestão Ambiental pela Unopar, especialista em Gestão e Educação Ambiental pela Multivix e mestrando em Tecnologias Sustentáveis pelo Ifes. Trabalha desde 2012 como técnico em química no Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Ufes. Atualmente atua como membro do Núcleo de Meio Ambiente e Sustentabilidade do CEUNES/UFES e coordena o projeto de extensão “Compostagem UFES”.

### **Glauber Henrique Rodrigues Dias**

Engenheiro Civil e pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

### **Isabella Macedo Menezes**

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialista em Gestão da Qualidade Integrada ao Meio Ambiente pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

### **Jacqueline Rogéria Bringhenti**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Docente do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

### **Jônio Ferreira de Souza**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Mestre em Engenharia Ambiental pela Ufes. Doutor em Engenharia Civil, na área de Geotecnia Ambiental, pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

### **Katia Broeto Miller**

Designer pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora

em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Docente do Curso de Design da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e participação no Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

**Larissa Rosario Babosa**

Engenheira Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo. Atuação profissional na área de saneamento ambiental.

**Lorrayne Oliveira de Souza**

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário. Analista em Gestão Ambiental na Prysmian Group Estácio Prysmian Group

**Maiara Leite Zupeli**

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2017), com experiência na área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Consultoria Ambiental.

**Marco Aurélio de Abreu Bortolini**

Graduado em Engenharia Ambiental pelas Faculdades Integradas Espírito-Santenses (FAESA), com experiência na área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Consultoria Ambiental.

**Marcos Paulo Gomes Mol**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Mestre e Doutor em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisador da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Fundação Ezequiel Dias (Funed).

**Maria Claudia Lima Couto**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Vice-diretora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

e Ambiental – Seção ES (2021-2023). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - *Campus* Vitória.

### **Maria Eduarda Cecílio Lopes**

Estudante de Engenharia de Produção na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Experiência na área de Controladoria em empresa de gestão de resíduos sólidos. Atualmente atua na área de Qualidade de Projetos de Engenharia, em multinacional do segmento de energia. Pesquisa na área de energias renováveis e resíduos pela UPM (Universidade Presbiteriana Mackenzie).

### **Maria Luísa Ribeiro de Paiva Hubner**

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

### **Mariana Cerqueira de Miranda**

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

### **Mariana Nunes Catapano**

Graduada em Engenharia Química pela FAESA Centro Universitário. Atuou em projetos na área de isolamento e quantificação de moléculas de alta massa molecular usando técnicas de HPLC, e em processos de escalonamento de produção de álcool pelo Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio - Ufes. Atualmente possui o cargo de Analista de Prevenção a Fraudes.

### **Mariângela Dutra de Oliveira**

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1987), Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2003), Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (2014). Professora efetiva do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo desde 2005.

### **Marisleide Garcia de Sousa**

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental pela Ufes (2005). Engenheira de Segurança do Trabalho pela UCL (2010). Graduada em Engenharia Civil pela Ufes (2002). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus Ibatiba*.

### **Max Filipe Silva Gonçalves**

Engenheiro de Produção, Mestre em Energia, Doutor em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia. Pós-Doutorando no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Logística Reversa de Rejeitos Radioativos). Membro da Comissão de Direito Urbanístico da OAB – Ordem dos Advogados do Brasil - São Paulo. Professor Pesquisador na Universidade Presbiteriana Mackenzie.

### **Oeber de Freitas Quadros**

Biólogo, Doutor em Biotecnologia (USP). Atualmente é pesquisador da Fundação Espírito-santense de Tecnologia (FEST) e participa do Núcleo de Estudos da Fotossíntese (NEF/UFES), com projetos financiados pelo MAPA e do Núcleo de Biotecnologia (UFES), onde atua em projetos financiados pela CAPES, CNPq e FAPES. Foi professor na FAESA Centro Universitário, onde ainda faz parte do Comitê de Ética e revisor da Revista Científica FAESA. Tem experiência em biologia molecular, melhoramento genético em microrganismos e plantas.

### **Patrício José Moreira Pires**

Engenheiro Civil (UFPB-2002), doutor em Engenharia Civil/ Geotecnia (PUC-Rio-2009) e Professor Associado II da Universidade Federal do Espírito Santo (Desde 2011). Atua nas áreas de melhoramento de solos, investigações geotécnicas, modelagem geotécnica e monitoramento ambiental do meio físico.

### **Priscila do Nascimento**

Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal do Espírito Santo e engenheira civil formada na Universidade de Vila Velha. Seu trabalho de mestrado foi desenvolvido sobre uso de agregados siderúrgicos granulados de alto forno e aciaria do tipo Id na produção de microrrevestimento asfáltico a frio.

### **Rafaela Recla Cometti**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (2008). Engenheira Ambiental (2014) com especialização em Educação Ambiental para Sustentabilidade pelo SENAC (2017). Mestre em Tecnologias Sustentáveis pelo Instituto Federal do Espírito Santo (2021). Já participou de campanhas de Educação Sanitária, com foco em Resíduos Sólidos Urbanos e Coleta Seletiva em comunidades, e escolas. Já atuou como professora da disciplina de Meio Ambiente para o SENAC.

### **Raphaela Gallo Carvalho Caldeira**

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário. Analista ambiental na CEPEMAR

### **Raquel Machado Borges**

Engenheira química pela Universidade Federal de Uberlândia, doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (2005) e pós-doutorado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2018). Professora Titular do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes - *Campus* Vitória).

### **Vinícius Almeida de Oliveira**

Engenheiro Ambiental pela Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte, pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).