



Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Programa de Mestrado e Doutorado em Tecnologia Ambiental

FERNANDA CARLA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO
MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E
COLABORATIVO “DescarteAqui” NA ÁREA DE
RESÍDUOS SÓLIDOS

RIBEIRÃO PRETO

2020

FERNANDA CARLA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO
MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E
COLABORATIVO “DescarteAqui” NA ÁREA DE
RESÍDUOS SÓLIDOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu da Universidade de Ribeirão Preto -
UNAERP, como requisito parcial para a obtenção do
título de Doutora em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Gestão Integrada e
Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de
Oliveira

Ribeirão Preto

2020

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico
da Biblioteca Central da UNAERP
- Universidade de Ribeirão Preto -

Oliveira, Fernanda Carla de, 1979-
O48d Desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma, gamificado
e colaborativo “descarteaqui” na área de resíduos sólidos / Fernanda
Carla de Oliveira. - - Ribeirão Preto, 2020.
168 f.: il. color.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Rezende Alves de Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2020.

1. Gerenciamento de resíduos sólidos. 2. Descarte de resíduos
sólidos. 3. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 4. Gamificação.
5. Educação ambiental. I. Título.

CDD 628

FERNANDA CARLA DE OLIVEIRA

**“DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO MULTIPLATAFORMA,
GAMIFICADO E COLABORATIVO “DescarteAqui” NA ÁREA DE
RESÍDUOS SÓLIDOS”**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora pelo programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.
Orientador: Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 26 de junho de 2020

Resultado: aprovada

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de
Oliveira
Presidente/UNAERP

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Córdoba
UFSCAR

Prof. Dr. Breno Lisi Romano
IFSP

Valdir Schalch
UNAERP

Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes
UNAERP

RIBEIRÃO PRETO
2020

Ao meu filho Vítor, por me ensinar diariamente o verdadeiro sentido do amor

AGRADECIMENTOS

A Deus, por fortalecer minha autoconfiança e me dar forças e saúde.

Aos meus amados pais, por sempre acreditarem em mim e por cuidarem do Vítor para eu assistir às aulas em Ribeirão Preto.

Aos meus irmãos e cunhada, pelo incentivo constante.

Aos meus amigos, pela paciência, apoio e colaborações.

À professora Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira, minha orientadora, pela paciência, atenção e dedicação durante esta trajetória.

Ao professor Dr. Valdir Schalch, pela atenção, carinho e valiosas contribuições na construção da Matriz de Resíduos Sólidos.

Aos professores do Programa, pelos ensinamentos e orientações.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pelo Programa de Incentivo Educacional e Afastamento Remunerado que permitiram a realização deste Doutorado.

Ao *Campus* São João da Boa Vista do IFSP (IFSP-SBV), onde estou lotada, pelo auxílio para realização da pesquisa de campo e apoio constante.

Ao Ivan Bonora Prado, pelo apoio no desenvolvimento do aplicativo.

Aos meus amigos João Paulo Pereira e Menoti Borri, companheiros de IFSP e de Doutorado, pelas viagens, pelas conversas, pelas diversões e pelo companheirismo nesses 4 anos.

Aos meus novos amigos de doutorado, Adriana Carvalho de Menezes Dendena, pelo seu bom humor, pela prestatividade, pelos conselhos e pela amizade; e Aloisio Calsoni Bozzini pela parceria nos trabalhos e disponibilidade de sempre.

Aos participantes da pesquisa de campo e da avaliação do aplicativo.

A todos que não foram citados e que estiveram comigo nos últimos quatro anos.

A você que está lendo esta pesquisa.

RESUMO

O gerenciamento dos resíduos sólidos é um serviço essencial e envolve as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta tecnológica gratuita, multiplataforma, gamificada e colaborativa na área de descarte de RS, pautada na Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, visando orientar e motivar o descarte ambientalmente correto. Para tanto, seguiu as seguintes etapas: 1. Identificação da relação entre os Resíduos Sólidos (RS), a classificação segundo a PNRS e destinações ambientalmente adequadas por meio de uma pesquisa básica com objetivos descritivos e exploratórios culminando em uma matriz de RS; 2. Identificação e diagnóstico do conhecimento sobre a PNRS de 592 discentes do Instituto Federal de São Paulo *Campus* São João da Boa Vista por meio de uma pesquisa de campo de corte transversal; 3. Análise de 7 aplicativos móveis relacionados ao descarte de RS existentes no mercado brasileiro por meio de testes e comparações entre eles; 4. Desenvolvimento do aplicativo DescarteAqui utilizando o *framework* Xamarin e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL; e 5. Avaliação do DescarteAqui por um grupo de controle composto de 14 usuários que realizaram testes e responderam uma pesquisa de campo. A matriz de RS do aplicativo possui 96 itens comuns aos cidadãos e relacionados ao cotidiano. A pesquisa de campo confirmou a necessidade da educação ambiental e a demanda para o desenvolvimento do aplicativo, pois constatou que a maioria dos discentes tem dúvidas na segregação e utilizaria um aplicativo que cadastre pontos de coleta e registre os descartes. Dentre os aplicativos analisados, nenhum deles possuía as funcionalidades pesquisadas: disponibilizar informações relacionadas ao descarte ambientalmente adequado de RS; motivar o engajamento por meio da gamificação; permitir a colaboração dos usuários no cadastro e avaliação dos pontos de coleta; registrar o descarte de resíduos sólidos; e permitir o compartilhamento em redes sociais. O DescarteAqui foi desenvolvido segundo os conceitos de gamificação utilizando os elementos de conquistas, *feedbacks*, pontos e recompensas; possui as funcionalidades pesquisadas; contempla os fatores de Experiência do Usuário; é colaborativo, pois os próprios usuários farão o cadastro e avaliação dos locais de disposição; e a matriz de RS está adequada com a PNRS. Conclui-se, portanto, que o DescarteAqui cumpre o propósito de apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos sólidos. Descarte de resíduos sólidos. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Gamificação. Educação Ambiental.

ABSTRACT

Solid-waste management is an essential service whose stages are collection, transportation, transshipment, treatment, environmentally appropriate final disposal of solid waste and environmentally appropriate final disposal of waste. This research aims at developing a free collaborative multi-platform gamified mobile application for the disposal of Solid Waste (SW), based on the Law n. 12.305/2010 established by the National Policy of Solid Waste (PNRS) in Brazil, which can guide and motivate the environmentally friendly disposal. These are the research stages: 1. Identification of the relations among SW, PNRS classification and environmentally friendly destination through a basic research whose descriptive exploratory purposes culminated in the SW matrix; 2. Identification and diagnosis of knowledge about PNRS with 592 students of the Federal Institute of Sao Paulo in Sao João da Boa Vista through a cross-sectional field survey; 3. Comparative analysis of 7 mobile apps for SW disposal in Brazil; 4. Development of the app DescarteAqui using the framework Xamarin and the Database Management System MySQL; and 5. Evaluation of DescarteAqui by a control group of 14 users who performed tests in a field research. The SW matrix in the app has 96 items common to citizens and related to daily life. The field research confirmed the need for environmental education and the demand for this kind of app, since it found that most students have doubts about segregation and would use an application that registers collection sites and records disposal. From the 7 mobile apps analyzed, none presented the features proposed in this research: providing information related to environmentally suitable SW disposal; motivating engagement through gamification; allowing users to collaborate in registering and evaluating collection sites; recording SW disposal; and allowing social network shares. DescarteAqui was developed under the principles of gamification - achievement, feedback, score and reward; presents the features researched; includes User Experience features; is collaborative - users will be able to register and evaluate the disposal sites; and its SW matrix suits PNRS. In conclusion, DescarteAqui fulfills the purpose of supporting and encouraging sustainable attitudes through guidance, sensitization and incentives to citizens in the segregation and environmentally friendly destination of solid waste.

Keywords: Solid-waste management. Solid-waste disposal. National Policy of Solid Waste. Gamification. Environmental Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Previsão da geração de resíduos sólidos urbanos no mundo, medida em milhões de toneladas por ano	28
Figura 2 – Percentuais globais de resíduos sólidos por nível de renda	29
Figura 3 – Evolução na criação de Leis Ambientais no mundo	30
Figura 4 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem, conforme Art. 13 da PNRS, somados aos resíduos cemiteriais e de significativo impacto ambiental	33
Figura 5 – Código de cores para os diferentes tipos de resíduos	35
Figura 6 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à responsabilidade, conforme a PNRS	37
Figura 7 – Estratégia de gestão integrada de resíduos domiciliares	39
Figura 8 – Percentual de cobertura e participação das regiões do Brasil na coleta de RSU	40
Figura 9 – Localização do parque industrial de produtores e recicladores de PET, papel e papelão, plástico e vidro	41
Figura 10 – Disposição final de RSU adotada pelos municípios brasileiros, visão nacional e por região	42
Figura 11 – Estratégia de gestão de resíduos de estações de tratamento de água	45
Figura 12 – Destino do lodo gerado em estações de tratamento de água totalizado por município e agrupado por região	46
Figura 13 – Estratégia de gestão de resíduos de estações de tratamento de esgoto	47
Figura 14 – Alternativas utilizadas para esgotamento sanitário por municípios sem rede coletora de esgoto	47
Figura 15 – Destino do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgoto, por região, em municípios com tratamento de esgoto sanitário realizado nas ETES	48
Figura 16 – Evolução do acesso aos serviços de saneamento básico e abastecimento de água para população urbana e rural no Brasil (%)	48
Figura 17 – Estratégia de gestão integrada de resíduos industriais	51
Figura 18 – Estratégia de gestão integrada de RSS	53
Figura 19 – Destinação final dos RSS por região em 2017	54
Figura 20 – Estratégia de gestão integrada de RCC elaborada conforme Resolução Conama nº 307/02	56
Figura 21 – Decomposição do PIB do setor de transporte, armazenagem e correio em 2016	64
Figura 22 – Barragens de mineração inseridas na PNSB - Data Base 02/2019	69
Figura 23 – Inter-relação entre os atores que compõem os sistemas de logística reversa .	70
Figura 24 – Fluxo de operação do Sistema Campo Limpo para logística reversa de embalagens de agrotóxicos	72

Figura 25 – Caixa receptora de lâmpadas da Reciclus que possui capacidade de armazenamento de até 200 lâmpadas tubulares e 200 lâmpadas compactas	74
Figura 26 – Distribuição geográfica das empresas coletoras e unidades de rerrefino de OLUC	76
Figura 27 – Expansão geográfica e ano de início de atuação das operações do Instituto Jogue Limpo, por Estado	77
Figura 28 – Quantidade de municípios brasileiros com serviço de manejo de pilhas e baterias e respectivas formas de disposição no solo, por região	78
Figura 29 – Fluxograma das etapas para realização deste trabalho	89
Figura 30 – Nível de conhecimento dos discentes sobre os conceitos pesquisados	100
Figura 31 – Nível de conhecimento dos discentes, sobre conceitos das variáveis apresentadas na Tabela 3, que afirmaram conhecer bem sobre logística reversa	101
Figura 32 – Resíduos sólidos, representados por suas variáveis, e respectivos locais onde os discentes os descartariam	102
Figura 33 – Resíduos sólidos dos produtos sujeitos a logística reversa, representados por suas variáveis, e respectivos locais onde os discentes os descartariam	103
Figura 34 – Frequência com que os discentes costumam realizar as ações relacionadas ao reaproveitamento, reciclagem e descarte ambientalmente correto	104
Figura 35 – Interesse dos discentes na utilização de um aplicativo no celular para cadastrar ponto de coleta e registrar ou compartilhar descartes	105
Figura 36 – Mensagem de notificação na abertura do aplicativo Ache&Descarte, no Samsung Galaxy J5 Prime	107
Figura 37 – Tela inicial e mensagem de erro na conclusão do cadastro de pessoa jurídica no aplicativo Biothanks, no iPhone 7	108
Figura 38 – Tela inicial e cadastro com mensagem de erro no aplicativo Heróis da Reciclagem, no Samsung Galaxy J5 Prime	109
Figura 39 – Telas iniciais e menu do aplicativo Descartaê, no iPhone 7	109
Figura 40 – Tela inicial e detalhes do ponto de coleta no aplicativo EcoMind, no Samsung Galaxy J5 Prime	110
Figura 41 – Tela inicial e detalhes do ponto de coleta no aplicativo Nosso Lixo, no Samsung Galaxy J5 Prime	111
Figura 42 – Tela inicial, antes e depois do cadastro, no aplicativo Redescarte, no Samsung Galaxy J5 Prime	111
Figura 43 – Listagem de pontos de coleta e opções de descarte no aplicativo Redescarte, no Samsung Galaxy J5 Prime	112
Figura 44 – Diagrama de Casos de Usos para o aplicativo DescarteAqui	113
Figura 45 – Tela de cadastro de novo usuário	114

Figura 46 – Telas com mensagens de confirmação de cadastro	115
Figura 47 – Telas de autenticação do usuário e permissão de acesso aos recursos de localização	116
Figura 48 – Telas com orientações para redefinição de senha	117
Figura 49 – Tela do menu de acesso às funcionalidades do aplicativo	118
Figura 50 – Tela principal do aplicativo: Locais de disposição	119
Figura 51 – Tela de cadastro de local de disposição	121
Figura 52 – Tela de detalhes do local de disposição	122
Figura 53 – Tela do aplicativo padrão de mapas no modo Dirigir	123
Figura 54 – Tela de avaliação do local de disposição	124
Figura 55 – Tela de descarte de resíduos sólidos	125
Figura 56 – Tela de sugestão de alteração de local de disposição	126
Figura 57 – Tela com mensagens da pontuação obtida nas ações de cadastro, avaliação e descarte	127
Figura 58 – Tela com mensagem de opção de compartilhamento em redes sociais	128
Figura 59 – Representação dos resíduos sólidos por meio de ícones no DescarteAqui	129
Figura 60 – Protótipo para tela de visualizar sobre resíduos sólidos	130
Figura 61 – Tela de <i>rankings</i> de pontuação	131
Figura 62 – Ícones que representam o nível de pontuação dos usuários	132
Figura 63 – Tela de atualização do perfil de usuário	133
Figura 64 – Tela de informações sobre o aplicativo e e-mail para contato	133
Figura 65 – Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo	134
Figura 66 – Diagrama Lógico do Banco de Dados	135
Figura 67 – Telas de cadastro com seleção de endereço pelo mapa	137
Figura 68 – Tela principal com botão flutuante para inclusão de local de disposição	138
Figura 69 – Telas de ‘ <i>Ranking</i> ’ e ‘Sobre’ com regras e informações sobre pontuação	139
Figura 70 – Respostas dos usuários sobre a adequação do aplicativo com a PNRS	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resoluções do CONAMA sobre Resíduos Sólidos e Resíduos Perigosos anteriores a PNRS, segundo organização do Ministério do Meio Ambiente	32
Quadro 2 – Normas ABNT relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário	44
Quadro 3 – Classificação dos RSS conforme Resolução RDC nº 222/2018	52
Quadro 4 – Classificação e respectiva destinação ambientalmente correta dos RCC	55
Quadro 5 – Normas ABNT que tratam da reciclagem de Resíduos da Construção Civil	58
Quadro 6 – Normas ABNT que tratam da disposição de resíduos de mineração	67
Quadro 7 – Matriz de classificação de categoria de risco e dano potencial associado	68
Quadro 8 – Propósitos e elementos utilizados em soluções gamificadas, por domínio.	83
Quadro 9 – Exemplos de aplicativos gamificados vencedores do WSA, por categoria, país e ano.	84
Quadro 10 – Ferramentas de desenvolvimento multiplataforma	87
Quadro 11 – Características dos principais <i>frameworks</i> multiplataforma	88
Quadro 12 – Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações	93
Quadro 13 – Aplicativos testados e classificados por plataforma e palavra-chave	106
Quadro 14 – Resultado dos testes de funcionalidades realizados nos aplicativos da pesquisa	107
Quadro 15 – Caso de uso 1: Cadastrar usuário no app	114
Quadro 16 – Caso de uso 2: Autenticar usuário no app	116
Quadro 17 – Caso de uso 3: Redefinir senha	117
Quadro 18 – Caso de uso 4: Consultar locais de disposição	119
Quadro 19 – Caso de uso 5: Incluir local de disposição	120
Quadro 20 – Caso de uso 6: Visualizar detalhes do local de disposição	121
Quadro 21 – Caso de uso 7: Traçar rota	122
Quadro 22 – Caso de uso 8: Avaliar local de disposição	124
Quadro 23 – Caso de uso 9: Descartar Resíduos Sólidos	125
Quadro 24 – Caso de uso 10: Sugerir alterações no local de disposição	126
Quadro 25 – Ações e respectivas regras e pontuações para o <i>ranking</i> do aplicativo	127
Quadro 26 – Caso de uso 11: Mostrar pontuação obtida com a ação	127
Quadro 27 – Caso de uso 12: Compartilhar em redes sociais	128
Quadro 28 – Caso de uso 6: Visualizar sobre resíduos sólidos	130
Quadro 29 – Caso de uso 12: Visualizar <i>ranking</i> de pontuações	131
Quadro 30 – Caso de uso 15: Atualizar perfil de usuário	132
Quadro 31 – Caso de uso 16: Sobre o app	132

Quadro 32 – Relação das variáveis com suas respectivas legendas e questões do instrumento de pesquisa	160
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados preliminares das principais culturas brasileiras em 2017 e montantes estimados de resíduos gerados em seus processamentos	60
Tabela 2 – Estratificação da amostra e quantidade de respostas obtidas.	99
Tabela 3 – Correlações da Variável 10 - LogisticaReversa, resultantes da análise estatística	100
Tabela 4 – Correlações da Variável 52 - ObservarPontos, resultantes da análise estatística	105

LISTA DE ABREVIATURAS

Abinee	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABILUMI	Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria da Iluminação
Abisolo	Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abree	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de Programação de Aplicativos)
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNC	Confederação Nacional do Comércio
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i> (Folhas de Estilo em Cascata)
EA	Educação Ambiental
Eletros	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos

EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
EPI	<i>Environmental Performance Index</i> (Índice de Desempenho Ambiental)
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEO-6	<i>Global Environment Outlook</i> (Panorama Ambiental Global)
GWMO	<i>Global Waste Management Outlook</i> (Panorama do Gerenciamento Global de Lixo)
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
IES	Instituições de Ensino Superior
IFSP-SBV	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo <i>Campus São João da Boa Vista</i>
Infraero	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
inpEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	<i>Model-driven approach</i> (Abordagem Orientada a Modelos)
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
OLUC	Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado
P+L	Produção Mais Limpa
P2	Prevenção da Poluição
PEV	Posto de Entrega Voluntária
PDA	Perdas e Desperdício de Alimentos
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCRA	<i>Resource Conservation and Recovery Act</i> (Lei de Conservação e Recuperação de Recursos)
RCS	Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços
Reciclus	Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
RI	Resíduos Industriais
RS	Resíduos Sólidos
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RST	Resíduos de Serviços de Transportes
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SDK	<i>Software Development Kit</i> (Kit de Desenvolvimento de <i>Software</i>)
SDT	Self-Determination Theory (Teoria de Autodeterminação)

SINDAN	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
UI	<i>User Interface</i> (Interface de Usuário)
UN WSIS	<i>UN World Summit on the Information Society</i> (Cúpula Mundial das Nações Unidas sobre a Sociedade da Informação)
UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
UWP	<i>Universal Windows Platform</i> (Plataforma Universal do Windows)
UX	<i>User Experience</i> (Experiência do Usuário)
WSA	<i>World Summit Awards</i> (Prêmio da Cúpula Mundial)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	23
2.1	OBJETIVO GERAL	23
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3	REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1	PANORAMA ATUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO	24
3.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	31
3.3	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	38
3.3.1	Resíduos Sólidos Urbanos	38
3.3.2	Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços	43
3.3.3	Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico	43
3.3.4	Resíduos Industriais	49
3.3.5	Resíduos de Serviços de Saúde	51
3.3.6	Resíduos da Construção Civil	54
3.3.7	Resíduos Agrossilvopastoris	59
3.3.8	Resíduos de Serviços de Transportes	63
3.3.9	Resíduos de Mineração	66
3.3.10	Produtos Sujeitos à Logística Reversa pela PNRS	70
3.3.10.1	Agrotóxicos	71
3.3.10.2	Eletroeletrônicos	73
3.3.10.3	Lâmpadas	74
3.3.10.4	Óleos Lubrificantes	75
3.3.10.5	Pilhas e Baterias	77
3.3.10.6	Pneus	79
3.4	GAMIFICAÇÃO	80
3.5	ABORDAGENS PARA DESENVOLVIMENTO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	85
4	MATERIAL E MÉTODOS	89
4.1	IDENTIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COM SUAS RESPECTIVAS CLASSIFICAÇÕES QUANTO À ORIGEM E DESTINAÇÕES AMBIENTALMENTE ADEQUADAS	89
4.2	IDENTIFICAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO CONHECIMENTO DE UMA AMOSTRA DA POPULAÇÃO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO	90
4.3	ANÁLISE DOS APLICATIVOS MÓVEIS RELACIONADOS AO DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES NO MERCADO BRASILEIRO	91

4.4	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E COLABORATIVO NA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS .	92
4.5	AVALIAÇÃO DO APLICATIVO DescarteAqui	92
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
5.1	MATRIZ DE RESÍDUOS SÓLIDOS X CLASSIFICAÇÃO X DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA	93
5.2	CONHECIMENTO DOS DISCENTES DO INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO <i>CAMPUS</i> SÃO JOÃO DA BOA VISTA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	98
5.3	APLICATIVOS MÓVEIS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES NO MERCADO BRASILEIRO	106
5.4	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E COLABORATIVO NA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS .	112
5.4.1	Documentação dos Casos de Uso	114
5.4.2	Infraestrutura de desenvolvimento	134
5.5	ADEQUAÇÃO DO APLICATIVO COM A PNRS E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	136
6	CONCLUSÕES	141
7	TRABALHOS FUTUROS	144
	REFERÊNCIAS	145
	APÊNDICE A CONHECIMENTO DOS DISCENTES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	156
	APÊNDICE B VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ANÁLISE ESTATÍSTICA	160
	APÊNDICE C AVALIAÇÃO DO APLICATIVO DESCARTEAQUI: ADEQUAÇÃO DO APLICATIVO COM A PNRS E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	162
	ANEXO A E-MAIL COM QUESTIONAMENTOS SOBRE APLICATIVO ECOMIND	165
	ANEXO B DECLARAÇÃO DA UNAERP SOBRE NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO	166
	ANEXO C AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA	167
	ANEXO D ORIENTAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DO APLICATIVO	168

1 INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos (RS) estão diretamente relacionados com a produção e consumo. Trata-se de um problema global que diz respeito a todas as pessoas (UNEP, 2015; KAZA et al., 2018; UNEP, 2019b). O gerenciamento dos resíduos sólidos é um serviço essencial (BRASIL, 1989a) e se refere às ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos RS e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010b).

A geração global de resíduos sólidos urbanos está estimada em torno de 2 bilhões de toneladas por ano que somados aos resíduos da construção civil, aos resíduos industriais e aos resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços representam cerca de 7 a 10 bilhões de toneladas por ano. A geração de resíduos sólidos urbanos está fortemente relacionada com a renda nacional: nos países de alta renda observa-se o início da dissociação do crescimento econômico com o crescimento na geração de resíduos sólidos; já nos países que estão mudando rapidamente de baixa para média renda e com alto crescimento populacional, espera-se um aumento considerável na geração de resíduos, principalmente na África e na Ásia (UNEP, 2015; KAZA et al., 2018; UNEP, 2019b).

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme* - UNEP) (UNEP, 2019a), todos os países possuem pelo menos uma lei ou regulamento ambiental e a maioria deles criou e capacitou ministérios ambientais. No entanto, há uma lacuna entre os requisitos e a implementação dessas leis, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento.

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente iniciou-se a partir de 1960, mas se intensificou após a publicação do relatório ‘Os limites do crescimento’ (*The Limits to Growth*), pelo Clube de Roma, e a Conferência de Estocolmo, ambas em 1972 (SOUZA, 2010). Em 1981, a educação ambiental (EA) se tornou política pública no Brasil com o estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) que foi ratificada na Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) ao determinar, em seu Art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. Especificamente a respeito de resíduos sólidos, as primeiras resoluções datam de 1991 e estão relacionadas ao gerenciamento e classificação de alguns resíduos sólidos e definições e tratamentos de resíduos perigosos (MMA, 2019a). Em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010b), regulamentada pelo Decreto Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010a), considerada um marco regulatório para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil.

A PNRS classifica os RS quanto à periculosidade e à origem. São resíduos perigosos

“aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica”. Os resíduos que não se enquadram como perigosos são chamados de não perigosos. Quanto à origem, dividem-se em: resíduos domiciliares; resíduos de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos (RSU); resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCS); resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; resíduos industriais (RI); resíduos de serviços de saúde (RSS); resíduos da construção civil (RCC); resíduos agrossilvopastoris; resíduos de serviços de transportes (RST); e resíduos de mineração. Um dos princípios da PNRS é a responsabilidade compartilhada entre os geradores de resíduos sólidos pelo ciclo de vida dos produtos, destacando-se como prioridade a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. São geradores de resíduos sólidos pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo (BRASIL, 2010b).

Diante do exposto, este trabalho partiu do pressuposto que os cidadãos não conhecem a PNRS, têm dúvidas na segregação e não possuem uma ferramenta tecnológica gratuita que oriente e motive o descarte ambientalmente correto de RS para propor o desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma, gamificado e colaborativo¹, como ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

¹ Sistemas de computador que dão suporte às pessoas envolvidas em uma tarefa ou objetivo comum a realizarem suas atividades por meio de uma interface para um ambiente compartilhado (ELLIS; GIBBS; REIN, 1991).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma, gamificado e colaborativo na área de descarte de resíduos sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a relação dos resíduos sólidos com suas respectivas classificações quanto à origem e destinações ambientalmente adequadas
- Identificar e diagnosticar o conhecimento de uma amostra da população no interior do Estado de São Paulo;
- Analisar os aplicativos móveis relacionados ao descarte de resíduos sólidos existentes no mercado brasileiro;
- Desenvolver um aplicativo móvel multiplataforma, gamificado e colaborativo, para descarte de resíduos sólidos;
- Avaliar o aplicativo por meio de testes com um grupo de controle.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PANORAMA ATUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO

Desde que o meio ambiente passou a fazer parte da agenda internacional, os países desenvolvidos fizeram grandes progressos e disponibilizaram muitos exemplos de boas práticas à comunidade. Em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos, a preocupação inicial foi em como esses resíduos estavam sendo descartados, mas atualmente o foco tem sido pensar na sua origem e, em consonância com um dos objetivos da PNRS no Brasil (BRASIL, 2010b), buscar a não geração, redução (especialmente de substâncias perigosas), reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos e, quando forem esgotadas todas essas possibilidades, esses resíduos sólidos - chamados de rejeitos na PNRS - devem ser dispostos de maneira ambientalmente adequada (UNEP, 2015).

Em 2015, na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (*United Nations Sustainable Development Summit*), foi criada a Agenda 2030 como um plano de ação mundial em cinco áreas: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria. Para tanto, sobre o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), foram definidos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, buscando o equilíbrio das dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável, para os próximos 15 anos. Dentre os objetivos (1. Erradicação da pobreza; 2. Fome zero e agricultura sustentável; 3. Saúde e bem-estar; 4. Educação de qualidade; 5. Igualdade de gênero; 6. Água potável e saneamento; 7. Energia limpa e acessível; 8. Trabalho decente e crescimento econômico; 9. Indústria, inovação e infraestrutura; 10. Redução das desigualdades; 11. Cidades e comunidades sustentáveis; 12. Consumo e produção responsáveis; 13. Ação contra a mudança global do clima; 14. Vida na água; 15. Vida terrestre; 16. Paz, justiça e instituições eficazes; e 17. Parcerias e meios de implementação), o gerenciamento de resíduos está relacionado com 17 metas (UNEP, 2015) dos ODSs, mas é abordado explicitamente nos objetivos 11 e 12 com as seguintes metas:

11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros [...]

12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente

12.5 Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso. (ONU, 2015, p.30 e 31).

O relatório intitulado Panorama do Gerenciamento Global de Lixo (*Global Waste Management Outlook* - GWMO), elaborado pelo UNEP quando a Agenda 2030 estava em fase

final de aprovação, destaca os principais pontos da tríplice da sustentabilidade integrados aos ODSs, a saber: o pilar ambiental destacando a necessidade de mitigação das mudanças climáticas por meio de medidas que reduzissem a emissão de gases de efeito estufa (GEE) atribuído às emissões de metano dos aterros sanitários; o social pontuando que uma cidade limpa é indicação de boa governança com implementação de políticas que envolvam os usuários, os fornecedores e as instituições; e o econômico apontando a criação de empregos na economia verde como oportunidade e destacando os benefícios comerciais para a indústria com a redução de resíduos (UNEP, 2015).

Segundo o GWMO, a geração global de resíduos sólidos urbanos está em torno de 2 bilhões de toneladas por ano; somando-se a este montante os resíduos da construção civil também encontrados na literatura como resíduos da construção e demolição, resíduos industriais e de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, a estimativa é de cerca de 7 a 10 bilhões de toneladas por ano. Além disso, calcula-se que pelo menos 2 bilhões de pessoas no mundo ainda não tenham acesso à coleta de resíduos sólidos. O documento também afirma que a geração de RSU está fortemente relacionada com a renda nacional: nos países de alta renda observa-se o início da dissociação do crescimento econômico com o crescimento na geração de RS; já nos países que estão mudando rapidamente de baixa para média renda e com alto crescimento populacional, espera-se um aumento considerável na geração de resíduos (UNEP, 2015).

Esta previsão se confirma na sexta edição do Panorama Ambiental Global (*Global Environment Outlook - GEO-6*) publicada em 2019 (UNEP, 2019b), que afirma que os países desenvolvidos avançaram tanto no gerenciamento de resíduos sólidos que estão caminhando para esquemas de desperdício quase nulo e economia circular; impulsionando produção e consumo sustentáveis; e considerando estratégias para integrar novos e complexos tipos de RS. Por outro lado, os países em desenvolvimento, apesar do progresso desde 1990, ainda estão enfrentando desafios básicos como despejo descontrolado, queima aberta e acesso inadequado a serviços de resíduos. O relatório também aponta que população urbana global continuará crescendo até 2050 e cerca de 90% deste crescimento será em países de baixa renda, principalmente na África e na Ásia.

Segundo o relatório da Comissão Europeia (COM, 2018) sobre a aplicação da legislação dos resíduos sólidos e cumprimento das metas estabelecidas por meio da Diretiva 2008/98 do Parlamento Europeu e do Conselho¹, em 2016 os europeus geravam, em média, 480 kg de RSU por pessoa por ano e 46% deste montante foi reciclado ou compostado e 25% disposto em aterro. Quanto à meta de reutilização e reciclagem de 50% dos RSU até 2020, o documento também indica que 14 Estados-Membros correm o risco de não cumpri-la, a saber: Bulgária, Croácia, Chipre, Estônia, Finlândia, Grécia, Hungria, Letônia, Malta, Polônia, Portugal, Romênia, Eslováquia e Espanha. Em 2018 foi publicada a atualização da Diretiva 2008/98 como Diretiva

¹ <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>

2018/851² com novas metas, dentre elas a reutilização e reciclagem dos RSU em 55% para 2025, 60% para 2030 e 65% para 2035.

Os RCC representam seu maior fluxo de resíduos (800 milhões de toneladas por ano; 32% do total de resíduos sólidos gerados). A meta para 2020 é de 70% de preparação para reutilização, reciclagem e recuperação, mas embora alguns Estados-Membro já tenham atingido 90%, Chipre, Grécia, Eslováquia e Suécia ainda estão abaixo dos 60%. Os resíduos perigosos representam apenas 4% do total de resíduos sólidos gerados, mas o relatório aponta que existem algumas lacunas para o cumprimento da legislação. Quanto aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) (10 milhões de toneladas; 0,4% do total de resíduos sólidos gerados), as metas para melhorar a coleta, tratamento e reciclagem foram estabelecidas pela Diretiva 2012/19³, agrupadas por período (de 08/2012 a 08/2015; de 08/2015 a 08/2018; à partir de 08/2018) e categoria de REEE. Segundo o relatório, somente Chipre, Letônia, Malta e Romênia perderam a meta mínima de coleta de 4 kg de REEE por pessoa em 2015.

A Diretiva 94/62⁴, sobre embalagens e resíduos de embalagens, também foi atualizada em 2018 como Diretiva 2018/852⁵ e estabelece novas metas para reciclagem dos materiais contidos nos resíduos de embalagens para 2025 (50% do plástico; 25% da madeira; 70% dos metais ferrosos; 50% do alumínio; 70% do vidro; e 75% do papel e papelão) e 2030 (55% do plástico; 30% da madeira; 80% dos metais ferrosos; 60% do alumínio; 75% do vidro; e 85% do papel e papelão).

A utilização do lodo proveniente do tratamento do esgoto na agricultura é controlado e todos os Estados-Membro estão em conformidade com a Diretiva 1999/31⁶. Por fim, quanto à disposição de resíduos sólidos em aterros, em 2016, dez Estados-Membros dispunham mais de 50% dos RSU, enquanto cinco notificaram taxas superiores a 70%. A Diretiva 1999/31⁷ foi alterada pela Diretiva 2018/850⁸ estabelecendo que até 2030 os RSU adequados para reciclagem e outro tipo de recuperação não devem ser aceitos em aterros, salve exceções determinadas pela Diretiva 2008/98. Além disso, determina a redução de 10% (em peso) dos RSU dispostos em aterros até 2035.

Nos Estados Unidos da América (EUA), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency - EPA*) regulamenta a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act - RCRA*) cujos objetivos estão pautados na destinação correta dos resíduos, conservação de energia e recursos por meio da reciclagem e recuperação e redução dos desperdícios. O Programa de Resíduos

² <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>

³ <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj>

⁴ <http://data.europa.eu/eli/dir/1994/62/oj>

⁵ <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/852/oj>

⁶ <http://data.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj>

⁷ <http://data.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj>

⁸ <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/850/oj>

Perigosos (*Hazardous Waste Program*)⁹ possui um sistema de controle desses resíduos desde a geração até o descarte final e o transporte é regulamentado pelo Departamento de Transportes. Os demais resíduos são gerenciados pelos Estados, sob a orientação do Programa de Resíduos Sólidos (*Solid Waste Program*)¹⁰, que estabelece os critérios para destinação ambientalmente correta e proíbe o despejo aberto (EPA, 2019).

Quanto aos indicadores, os dados unificados apresentados pela EAP sobre RSU e resíduos perigosos datam de 2014¹¹ e 2015¹², respectivamente. Em 2014, a quantidade de RSU era de 259 milhões de toneladas sendo que 26% foram reciclados, 9% compostados, 13% queimados com recuperação de energia e 53% aterrados ou dispostos por outros métodos. Quanto aos resíduos perigosos, de 2001 e 2015, foram dispostos entre 16.1 a 25.4 milhões de toneladas, sendo mais de 90% por injeção profunda.

Bradford, Broude e Truelove (2018) compilaram as informações disponíveis e apresentaram o cenário atual dos EUA apontando que o país é responsável por 30% dos resíduos sólidos do planeta e possui somente 4% da população mundial. Deste montante, aproximadamente 7.6 bilhões de toneladas são de RI (estimativa em 1987); 534 milhões de toneladas de RCC em 2014; 258 milhões de toneladas de RSU em 2014; de 20.3 a 28.8 milhões de toneladas de resíduos perigosos entre 2001 e 2011; e 1.8 bilhões de toneladas de resíduos de mineração (estimativa em 1990).

Os RSU, por origem, são compostos por 29,7% de embalagens; 20,2% de bens não duráveis; 20,4% de bens duráveis; 14,9% de alimentos; 13,3% de limpeza urbana; e 1,5% outros. Por material, 26,6% são de papel e papelão; 14,9% de alimentos; 13,3% de limpeza urbana; 12,9% de plásticos; 9,5% de borracha, couro e tecidos; 9% de metal; 6,2% de madeira; 4,4% de vidro; e 3,2% outros. Em relação a destinação dos RSU, 52,6% são dispostos em aterros; 25,7% são reciclados; 12,8% incinerados; e 8,9% compostados (BRADFORD; BROUDE; TRUELOVE, 2018).

Em relação a localização de estatísticas internacionais atualizadas, o GWMO relata a dificuldade na obtenção de dados sobre geração, composição e gerenciamento de resíduos sólidos e afirma que os relatórios nacionais são fracos e geralmente a quantidade de resíduos não é medida (UNEP, 2015). Esta constatação vem de encontro com as estatísticas de geração de resíduos sólidos disponíveis na *Eurostat*¹³ que datam de 2016; no *Waste Atlas*¹⁴ de 2014; e no Índice de Desempenho Ambiental (*Environmental Performance Index - EPI*) que apresenta métricas globais para o meio ambiente em dez áreas (Agricultura; Água e Saneamento; Biodiversidade e Habitat; Clima e Energia; Florestas; Metais pesados; Pescas; Poluição do ar; Qualidade do ar; e

⁹ <https://www.epa.gov/hw>

¹⁰ <https://www.epa.gov/landfills>

¹¹ <https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=531>

¹² <https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=54>

¹³ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics

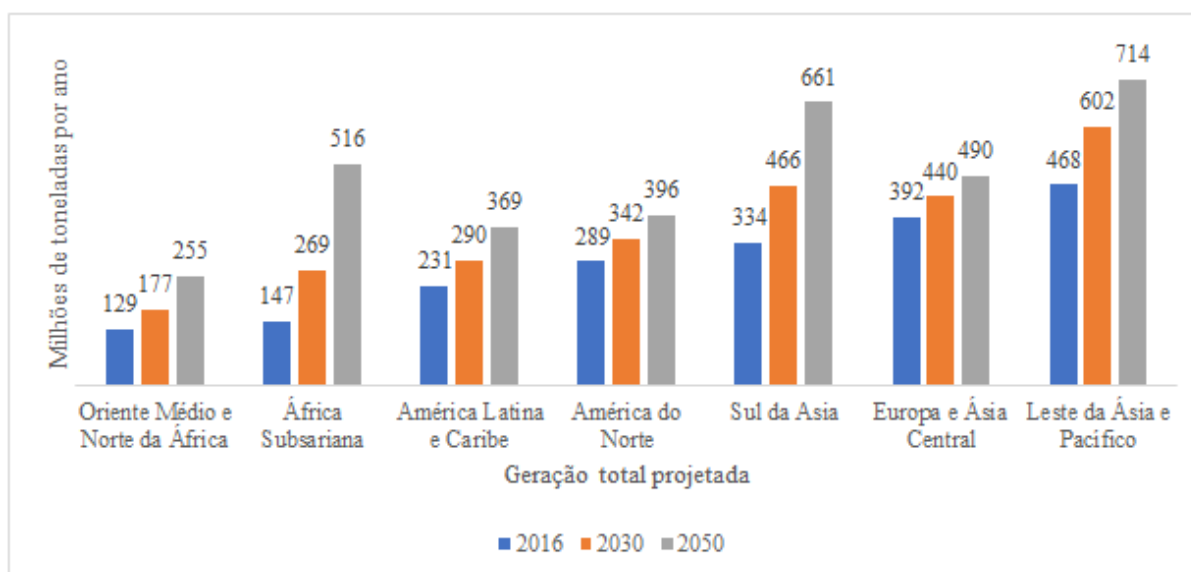
¹⁴ <http://www.atlas.d-waste.com/>

Recursos hídricos) e relata que não possui dados suficientes para calcular o desempenho, por país, em áreas de alta preocupação, a saber: Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Qualidade da Água Doce; Perda de Espécies; e Adaptação ao Clima (ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX, 2018).

No entanto, Kaza et al. (2018), no relatório *What a Waste 2.0* do Banco Mundial, apresentam métricas desde a geração até o descarte de resíduos sólidos urbanos e fornecem informações sobre governança. Os dados sobre crescimento populacional, aumento na geração de resíduos, regiões mais críticas e características dos países desenvolvidos e em desenvolvimento estão alinhados com o GWMO e o GEO-6. Segundo os autores, há uma previsão de aumento de 1.4 bilhões de toneladas de RSU para 2050, totalizando 3.40 bilhões de toneladas.

A região Leste da Ásia e Pacífico (23%) possui a maior participação na geração de RSU, seguida pela Europa e Ásia Central (20%); Sul da Ásia (17%); América do Norte (14%); América Latina e Caribe (11%); África Subsariana (9%); e Oriente Médio e Norte da África (6%). Assim como o GEO-6, Kaza et al. (2018) pontuam que na Ásia e na África a geração de resíduos pode até triplicar até 2050 (Figura 1) devido ao crescimento econômico e a urbanização.

Figura 1 – Previsão da geração de resíduos sólidos urbanos no mundo, medida em milhões de toneladas por ano



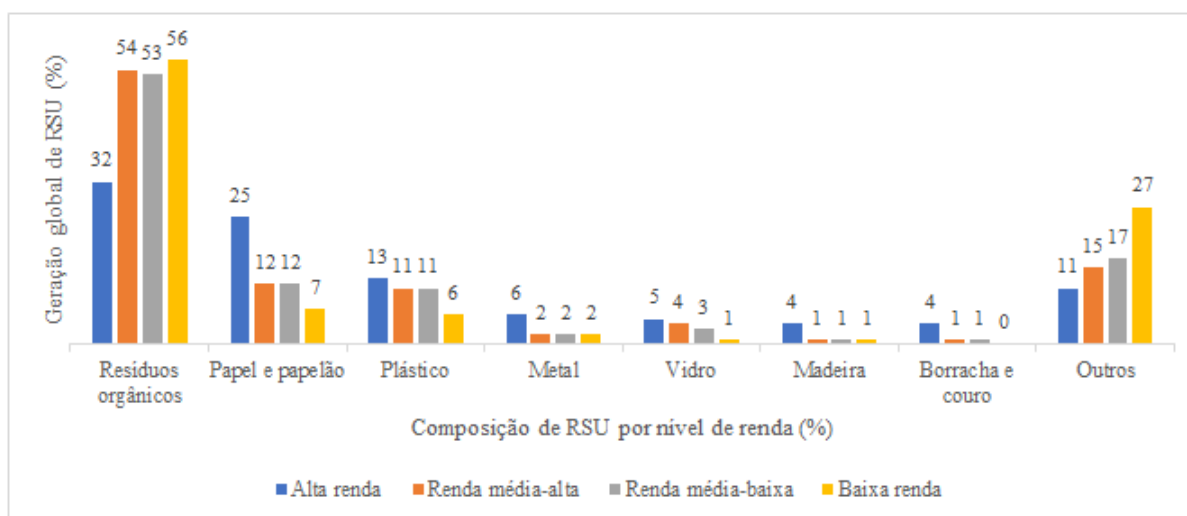
Fonte: Adaptado de Kaza et al. (2018).

Na análise por nível de renda, a geração de RSU é maior nos países de renda alta (34%), seguidos pelos de renda média-alta (32%), de renda média-baixa (29%) e de baixa renda (5%). Apesar de a geração de resíduos ser maior nos países de renda alta, mais de um terço são recuperados por meio de reciclagem e compostagem. Além disso, os países de renda alta geralmente fornecem serviços de coleta universal dos resíduos, enquanto países renda média-alta coletam 85% dos resíduos urbanos e 45% dos rurais, os de renda média-baixa 71% dos urbanos e 33% dos rurais e os de baixa renda 48% dos urbanos e 26% dos rurais.

Globalmente, 36,7% dos RSU são dispostos em aterros (4% controlados, 7,7% sanitários e 25% não especificados) e 33% em lixões (despejo aberto); 13,5% são destinados para reciclagem, 5,5% compostagem, 11% incineração e 0,7% constam como outros. A disposição final em lixões acontece em países de todos os níveis de renda, mas é predominante em países de baixa renda (93%) e de renda média-baixa (66%); reciclagem (29%), incineração (22%), compostagem (6%) e outros métodos avançados (2%) são a maioria nos países de renda alta; e nos países de renda média-alta, 54% são dispostos em aterros.

Quanto às classificações dos RSU, os percentuais globais apontam que a maior quantidade é de resíduos orgânicos (44%), seguidos por papel e papelão (17%), plástico (12%), vidro (5%), metal (4%), madeira (2%) e borracha e couro (2%); contando ainda com 14% classificados como outros. Na Figura 2, que apresenta a geração de RSU por nível de renda, observa-se que quanto maior o nível de renda, maior a quantidade de materiais recicláveis. Outro destaque é para a quantidade de resíduos orgânicos que, segundo Kaza et al. (2018), corresponde aos altos níveis de Perdas e Desperdício de Alimentos (PDA) que pode representar aproximadamente 30% de todos os alimentos do mundo e cujas causas variam e dependem de condições locais específicas.

Figura 2 – Percentuais globais de resíduos sólidos por nível de renda



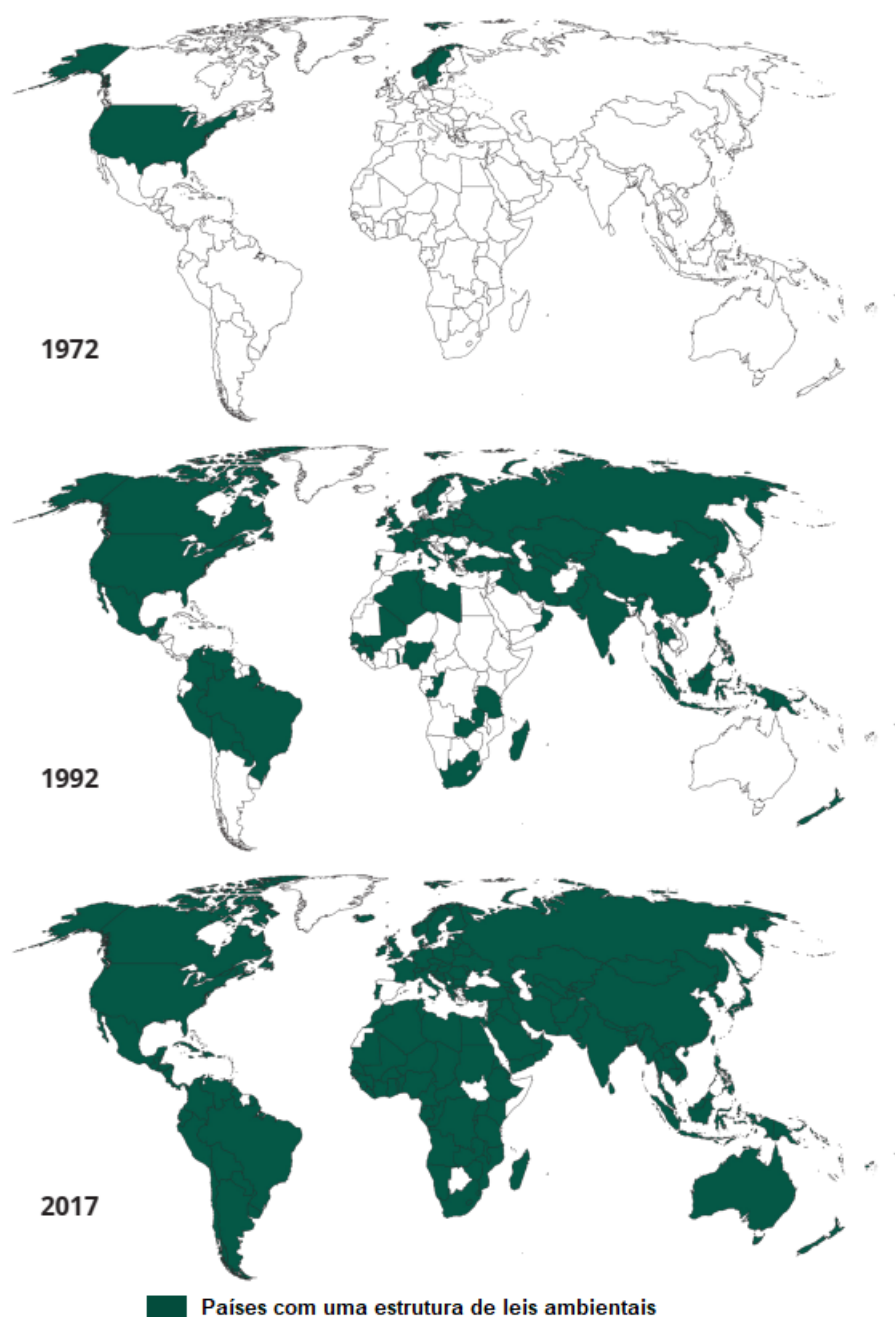
Fonte: Adaptado de Kaza et al. (2018).

Além dos RSU, os autores destacaram a média global, expressa em kg/habitante/dia, de outros tipos de resíduos, a saber: resíduos industriais (12.73); resíduos agrossilvopastoris (3.35); resíduos da construção civil (1.68); resíduos perigosos (0.32); resíduos dos serviços de saúde (0.25); e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (0.02) (KAZA et al., 2018).

O ‘Primeiro Relatório Global sobre o Estado do Direito Ambiental’ (*Environmental Rule of Law: First Global Report*) (UNEP, 2019a), elaborado pelo UNEP, constatou que todos os países possuem pelo menos uma lei ou regulamento ambiental e a maioria deles criou e capacitou ministérios ambientais. No entanto, identificou uma lacuna entre os requisitos e a

implementação dessas leis, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Como solução, indica a elaboração de leis ambientais que respeitem as dimensões da sustentabilidade e que sejam amplamente compreendidas, respeitadas e aplicadas de tal forma que os benefícios da proteção ambiental sejam percebidos e usufruídos pela sociedade e, conseqüentemente, pelo planeta. A Figura 3 ilustra a evolução da criação de leis ambientais no mundo tendo como marcos a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Conferência de Estocolmo) realizada em 1972, em Estocolmo, e a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Cúpula da Terra) realizada em 1992, no Rio de Janeiro.

Figura 3 – Evolução na criação de Leis Ambientais no mundo



Fonte: Adaptado de UNEP (2019a).

3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente iniciou-se a partir de 1960, mas se intensificou após a publicação do relatório ‘Os limites do crescimento’ (*The Limits to Growth*), pelo Clube de Roma, e a Conferência de Estocolmo, ambas em 1972 (SOUZA, 2010). Em 1981, a educação ambiental se tornou política pública no Brasil com o estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente por meio da Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto 88.351/1983 (BRASIL, 1983) e, em 1990, revogado e substituído pelo Decreto 99.274 (BRASIL, 1990).

Além de apresentar conceitos, princípios, detalhar os objetivos e instrumentos, a PNMA definiu que União, Estados, Municípios, Distrito Federal e fundações instituídas pelo Poder Público constituiriam o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), cujas responsabilidades são a proteção e a melhoria da qualidade ambiental. Hierarquicamente, o SISNAMA é estruturado com um órgão superior - Conselho de Governo com a função de assessorar o Presidente da República; um órgão consultivo e deliberativo - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais; um órgão central - Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República, com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como órgão federal, a PNMA; órgãos executores - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, com a finalidade de executar e fazer executar a PNMA; órgãos seccionais - órgãos e entidades estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos e pelo controle e fiscalização de atividades que possam causar degradação ambiental; e órgãos locais - órgãos e entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades.

A PNMA foi ratificada na Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), por meio de uma recepção legal, ao dedicar um capítulo sobre meio ambiente e determinar, em seu Art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” atribuindo o dever de defesa e preservação ao Poder Público e à coletividade para o uso da geração presente e das futuras. Souza (2010) afirma que a proteção ao meio ambiente ganhou importância e passou a merecer garantias e defesas a partir do momento que se tornou um bem jurídico difuso por ser considerado como um “bem de uso comum do povo”, ou seja, um bem dotado de valor social e econômico que pode ser utilizado por qualquer pessoa do povo, coletiva ou individualmente. A Lei nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998), conhecida como Lei de Crimes Ambientais, é um dos mecanismos jurídicos que garantem a proteção ambiental, pois dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

Especificamente a respeito de resíduos sólidos, as primeiras Resoluções do CONAMA datam de 1991 e estão relacionadas ao gerenciamento e classificação de alguns resíduos sólidos

e definições e tratamentos de resíduos perigosos. No Quadro 1 são apresentadas as Resoluções anteriores a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010b), que também alterou a Lei de Crimes Ambientais, e foi regulamentada pelo Decreto 7.404/2010.

Quadro 1 – Resoluções do CONAMA sobre Resíduos Sólidos e Resíduos Perigosos anteriores a PNRS, segundo organização do Ministério do Meio Ambiente

Título	Ementa
Resolução CONAMA N°02/91	Dispõe sobre o controle de cargas deterioradas ou fora da especificação.
Resolução CONAMA N°08/91	Dispõe sobre a entrada no país de materiais residuais.
Resolução N°5/93	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários
Resolução CONAMA N°23/96	Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
Resolução CONAMA N°235/98	Publica novo texto do anexo 10 da resolução CONAMA 23/96 sobre importação de resíduos.
Resolução CONAMA N°244/98	Exclui lignossulfonatos do anexo 10 da Resolução CONAMA 23/96.
Resolução CONAMA N°264/99	Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.
Resolução CONAMA N°275/01	Estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos.
Resolução N°307/02	Resíduos da construção civil.
Resolução N°313/02	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
Resolução N°316/02	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Foi alterada pela Resolução 386/06.
Resolução CONAMA N°358/05	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
Resolução CONAMA N°359/05	Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências.
Resolução CONAMA N°375/06	Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
Resolução CONAMA N°396/08	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Resolução CONAMA N°420/09	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Fonte: Adaptado de MMA (2019a).

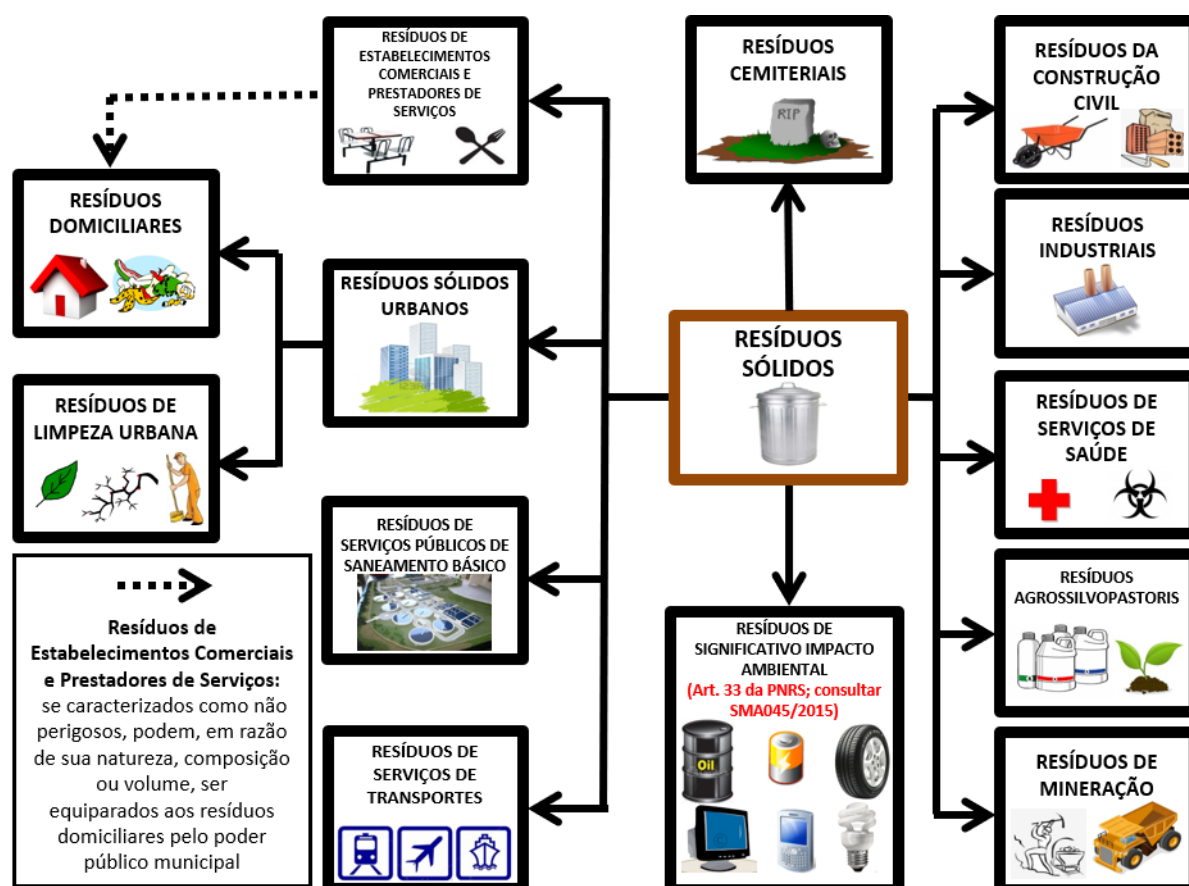
No âmbito Federal, outras Leis que abordam a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos

e estão vinculadas à Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010b) são: Lei nº 9.966/2000 (Lei do Óleo); Lei nº 9.974/2000 (Lei dos Agrotóxicos); e Lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico). Também anterior à PNRS, foi publicado o Decreto nº 5.940/2006 que institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal (MMA, 2019a).

A PNRS é um marco regulatório para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. Está integrada com a PNMA e apresenta princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações tanto para o Governo Federal como para Estados, Distrito Federal, Municípios e particulares. Sua estrutura é dividida em quatro títulos, a saber: Disposições gerais; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Diretrizes aplicáveis aos Resíduos Sólidos; e Disposições finais e transitórias. Os resíduos sólidos são classificados quanto à origem (Figura 4) e à periculosidade e são definidos como

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010b, Inciso XVI do Art. 3º).

Figura 4 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem, conforme Art. 13 da PNRS, somados aos resíduos cemiteriais e de significativo impacto ambiental



Fonte: Schalch (2018).

Os resíduos cemiteriais não estão contemplados na PNRS, no entanto, os cemitérios deverão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental, nos termos da Resolução Conama nº 335/2003 (CONAMA, 2003). Além disso, segundo o manual de orientação para elaboração de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, elaborado pelo MMA, o gerenciamento dos resíduos cemiteriais deve constar do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), uma vez que o Plano “deverá relacionar e classificar todos os resíduos existentes nas localidades, as condições de geração e as formas de coleta e transporte adotadas” (MMA, 2012, p. 48). Castro e Schalch (2015) indicam que dentre os resíduos cemiteriais estão os gerados na construção e manutenção dos jazigos (equiparáveis aos resíduos da construção civil); resíduos verdes de arranjos florais e similares e resíduos de madeira (equiparáveis aos resíduos sólidos urbanos); resíduos de decomposição de corpos (que apresentam potencial de geração de necrochorume uma vez sepultados) e seus derivados não degradáveis, como roupas e restos de caixões, que podem apresentar potencial contaminação para os aterros.

Quanto à periculosidade, o Art. 13º da PNRS define que resíduos perigosos são os que, devido às suas “características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica”.

A norma técnica que classifica os resíduos sólidos, com exceção dos resíduos radioativos, quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública é a NBR 10004:2004, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)(ABNT, 2004a). Para a classificação é preciso identificar, de forma criteriosa, o processo ou atividade de sua origem e de seus constituintes e características para posteriormente comparar esses dados com listagens de resíduos e substâncias conhecidas. Diante disso, a NBR 10004:2004 classifica os resíduos como

- **resíduos classe I - Perigosos:** resíduos que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar risco à saúde pública e/ou risco ao meio ambiente. São caracterizados quanto a sua inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- **resíduos classe II - Não perigosos:** são resíduos não contaminados pelas substâncias descritas nesta Norma e que não apresentem periculosidade. Restos de alimentos, de sucata de metais ferrosos e não ferrosos, de papel e papelão, de plástico polimerizado, de borracha, de madeira, de materiais têxteis, de materiais não-metálicos, areia de fundição e bagaço de cana são os exemplos citados como exemplo no Anexo H da Norma.
 - **resíduos classe II A - Não inertes:** resíduos que não se enquadram como classe I - Perigosos nem no classe II B - Inertes. Podem possuir propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- **resíduos classe II B - Inertes:** resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não apresentarem nenhum dos constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, exceto pelo aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A NBR 11174:1990, apesar de anterior a NBR 10004:2004, ainda está vigente e trata do armazenamento de resíduos não perigosos, antes chamados de classe II - não inertes (atual classe II A - Não inerte) e classe III - inertes (atual classe II B - Inertes). O armazenamento de resíduos perigosos é tratado na NBR 12235:1992; os tipos, dimensões, capacidade, requisitos e métodos de ensaio para acondicionamento de resíduos sólidos em sacos plásticos são estabelecidos pela NBR 9191:2008; e a simbologia convencional e o seu dimensionamento para identificar produtos perigosos visando indicar os riscos e os cuidados a serem tomados no transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos são estabelecidos pela NBR 7500:2018 (ABNT, 2019).

Já a Resolução Conama nº 275/2001 (CONAMA, 2001) estabelece as cores que devem ser utilizadas para identificação dos coletores e transportadores para diferentes tipos de resíduos, conforme Figura 5. Destaca-se que os resíduos gerais não recicláveis, apresentados na cor cinza, se referem aos rejeitos. A inscrição dos nomes dos resíduos e instruções adicionais não são padronizadas, no entanto a Resolução recomenda o uso do preto e do branco como contraste da cor base. A utilização dessas cores é obrigatória para os programas de coleta seletiva criados e mantidos por entidades públicas e sugeridas aos programas da iniciativa privada.

Figura 5 – Código de cores para os diferentes tipos de resíduos

Papel e papelão	Plástico	Vidro	Metal
Madeira	Resíduos orgânicos	Resíduos radioativos	Resíduos perigosos
Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.		

Fonte: Adaptado de CONAMA (2001).

Dentre os 11 princípios da Lei 12.305/2010, destaca-se o inciso VII que determina a “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” e o inciso VIII que reconhece “o resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”. Quanto aos 15 objetivos descritos no Art. 7º, salienta-se a prioridade na “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos

sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, em consonância com o GWMO (UNEP, 2015); o incentivo a reciclagem e a integração de catadores; e a determinação de redução do volume de resíduos perigosos.

Alguns dos instrumentos, descritos no Art. 8º, são os planos de resíduos sólidos; coleta seletiva; logística reversa; incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativas; cooperação entre setor público e privado; acordos setoriais; pesquisa científica e tecnológica; educação ambiental; monitoramento e fiscalização; e cadastros de informações. Quanto aos planos, fica definido o conteúdo mínimo, abrangência e responsabilidades, a saber: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, por parte da União; Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, por parte dos Estados e com participação dos Municípios; Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, por parte do Distrito Federal e dos Municípios; e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, por parte dos geradores de resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos do serviço de saúde e resíduos de mineração, dos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos ou que não possam ser equiparados os resíduos domiciliares, das empresas de construção civil, dos responsáveis pelos terminais e outras instalações que gerem resíduos de serviços de transportes, e, por fim, dos responsáveis por atividades agrossilvopastoris, quando exigido pelo órgão competente. Além disso, no Capítulo IV do Título III são estabelecidas as exigências específicas relativas ao Plano de gerenciamento de resíduos perigosos.

Em seu Art. 33, regulamentado pelo Decreto nº 9.177/2017 (BRASIL, 2017), são definidos os produtos sujeitos à logística reversa, a saber:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas; II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

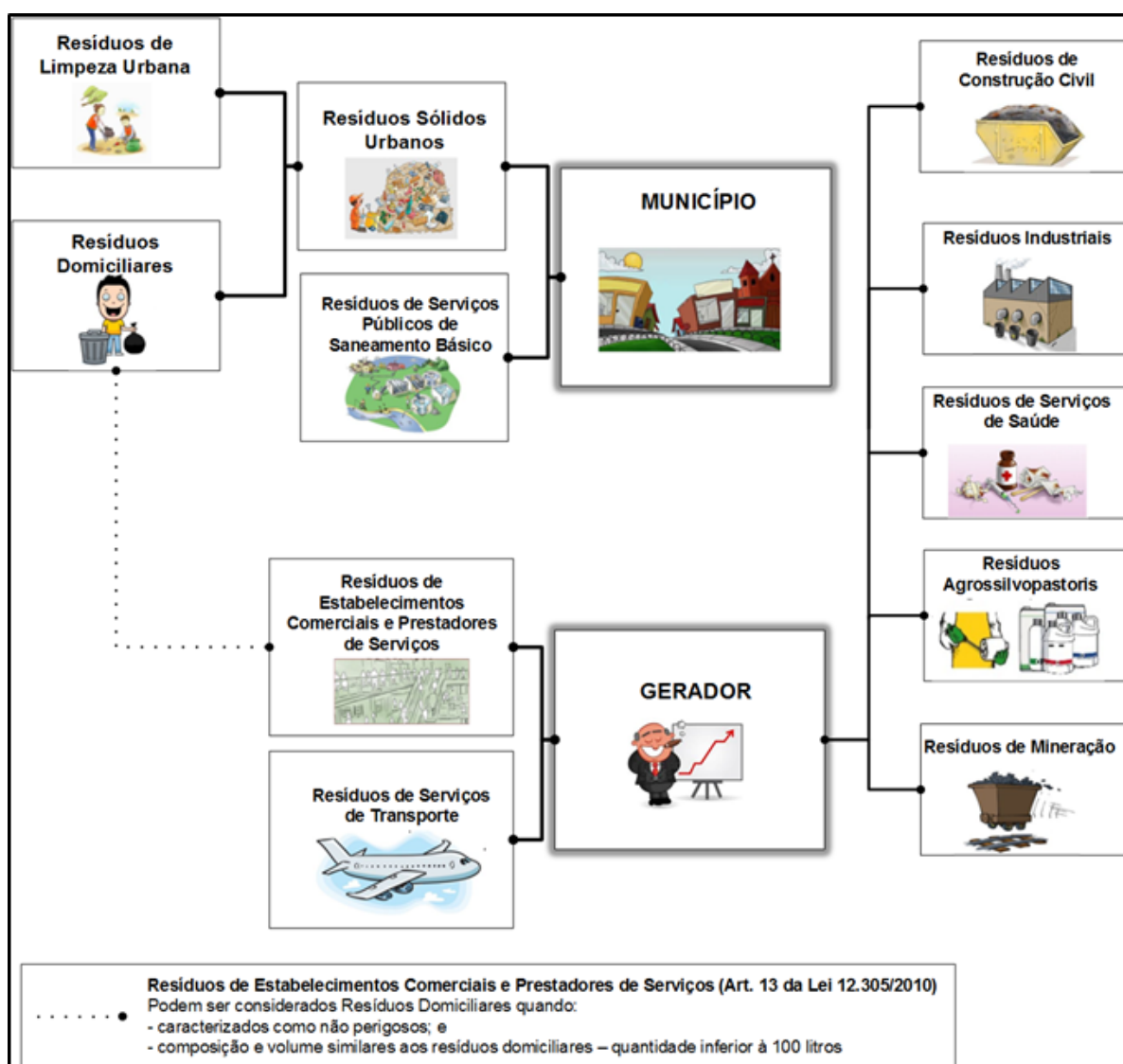
V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes. (BRASIL, 2010b, Art. 33)

No Estado de São Paulo, a Resolução SMA nº 45/2015 (SMA, 2015), define a relação de produtos e embalagens comercializadas no Estado sujeitos à logística reversa e os denomina como resíduos de significativo impacto ambiental. Além dos produtos definidos pela PNRS (BRASIL, 2010b), a Resolução acrescenta os seguintes: óleo comestível; medicamentos vencidos ou em desuso; e embalagens que compoñham fração seca dos resíduos sólidos urbanos ou equiparáveis, exceto os classificados como perigosos pela legislação nacional. Destacam-se embalagens de alimentos; bebidas; produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos; produtos de limpeza e afins; e outros utensílios e bens de consumo.

A PNRS também determina as responsabilidades dos geradores de resíduos sólidos e do Poder Público (conforme esquema da Figura 6), com uma seção dedicada à responsabilidade compartilhada, os instrumentos econômicos e as proibições, onde ficam proibidas a destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos em recursos hídricos ou *in natura* a céu aberto (exceto os resíduos de mineração), assim como a queima a céu aberto ou por meios não licenciados para esta finalidade.

Figura 6 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à responsabilidade, conforme a PNRS



Fonte: Schalch (2018).

Segundo Franceschi et al. (2017), embora o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) seja um dos instrumentos da PNRS, que tem como objetivo gerar uma base de dados nacional para sustentar a gestão de resíduos no país, há uma deficiência na base de dados e de sua atualização, indicando a necessidade de que a compilação ocorra com maior frequência, abrangência e confiabilidade. Além disso, apesar de o Sistema Nacional

de Informações Sobre Saneamento Básico (SNIS) ser articulado ao SINIR, o fato de os dados serem inseridos pelos próprios Municípios pode incorrer na apresentação de dados imprecisos e desatualizados. Diante disso, os autores destacam que atualmente o documento mais utilizado em pesquisas científicas e em documentos oficiais - como o GWMO - é o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2018) elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Os indicadores disponibilizados no *site* do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MMA, 2019a), por exemplo, datam de 2014 e 2015, confirmando o problema de atualização dos dados pontuada por Franceschi et al. (2017).

Quanto ao cumprimento da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010b), Maiello, Britto e Valle (2018) destacam a dificuldade de integração das políticas públicas no Brasil devido a distância física e estrutural entre as instâncias formuladoras e executoras de normas e diretrizes, em âmbito nacional. Soma-se a isso questões orçamentárias, capacidade institucional e de gerenciamento de muito municípios. As autoras ainda chamam atenção para a complexidade da gestão integrada de resíduos sólidos, pois é multidimensional e necessita de políticas intersetoriais que busquem não somente reduzir os impactos negativos, mas gerar benefícios com a produção de resíduos sólidos.

O ‘Primeiro Relatório Global sobre o Estado de Direito Ambiental’ (UNEP, 2019a) destaca que a Constituição do Brasil garante o direito a um ambiente ecologicamente equilibrado e ressalta que a aplicação das leis ambientais aumentou. Entre 1984 e 2004 o Ministério Público registrou mais de 4.000 ações civis públicas, somente no Estado de São Paulo, abordando problemas ambientais como desmatamento e poluição do ar. O documento também aponta que o Brasil está se comprometendo a capacitar juízes sobre leis e casos ambientais, pois o país tem designado juízes como ‘verdes’ sem que possuam treinamento especializado.

O Estado do Amazonas obteve destaque positivo em duas situações: na oferta de uma escola noturna para infratores da legislação ambiental que apresentou como resultados a redução do nível de incidência e, em alguns casos, transformação dos infratores em agentes transformadores; e o deslocamento de juízes para realizarem julgamentos em localidades que não possuem tribunais que, além disso evitar viagens das partes e advogados, a visita local contribui com a compreensão das evidências. Em contrapartida, dados de 2000 a 2015 apontam que 527 ativistas foram assassinados no Brasil, colocando o país em primeiro lugar no mundo nesse tipo de crime, seguido por Honduras, com 129 mortes (UNEP, 2019a).

3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

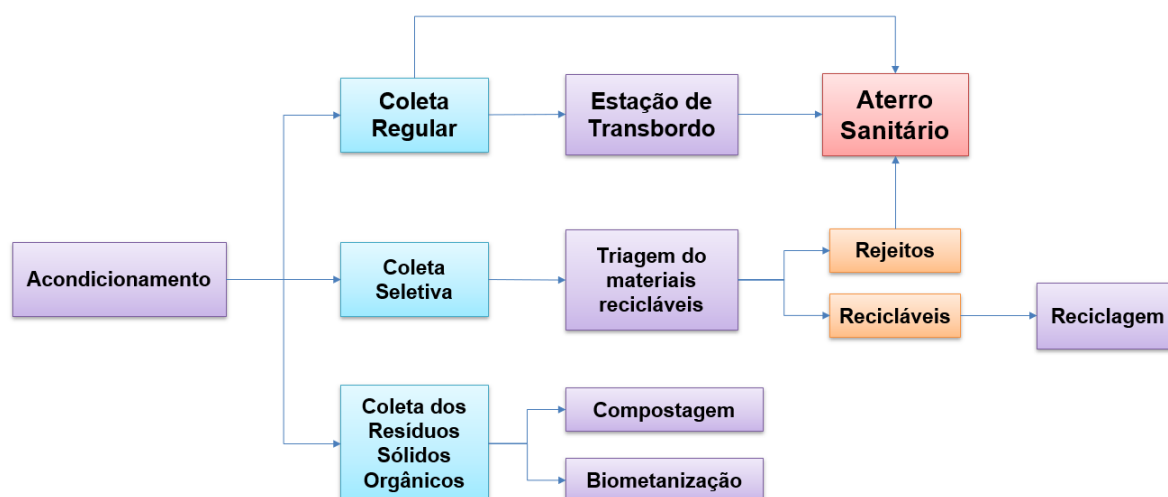
3.3.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo a PNRS (BRASIL, 2010b), os resíduos sólidos urbanos são compostos pelos resíduos domiciliares e pelos resíduos de limpeza urbana. Os resíduos domiciliares, por sua vez,

são os originários de atividades domésticas em residências urbanas e compostos de resíduos orgânicos (50%), plástico (13%), papel e papelão (9%), metal (3%), vidro (3%) e outros (22%) (MMA, 2019b). Os resíduos de limpeza urbana são os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

O Art. 9º na PNRS define a hierarquia de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a saber: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010b). Diante disso, a estratégia de gestão integrada de resíduos domiciliares elaborada por Schalch (2018), apresentada na Figura 7, destaca as opções de coleta e respectivas alternativas anteriores à disposição final.

Figura 7 – Estratégia de gestão integrada de resíduos domiciliares



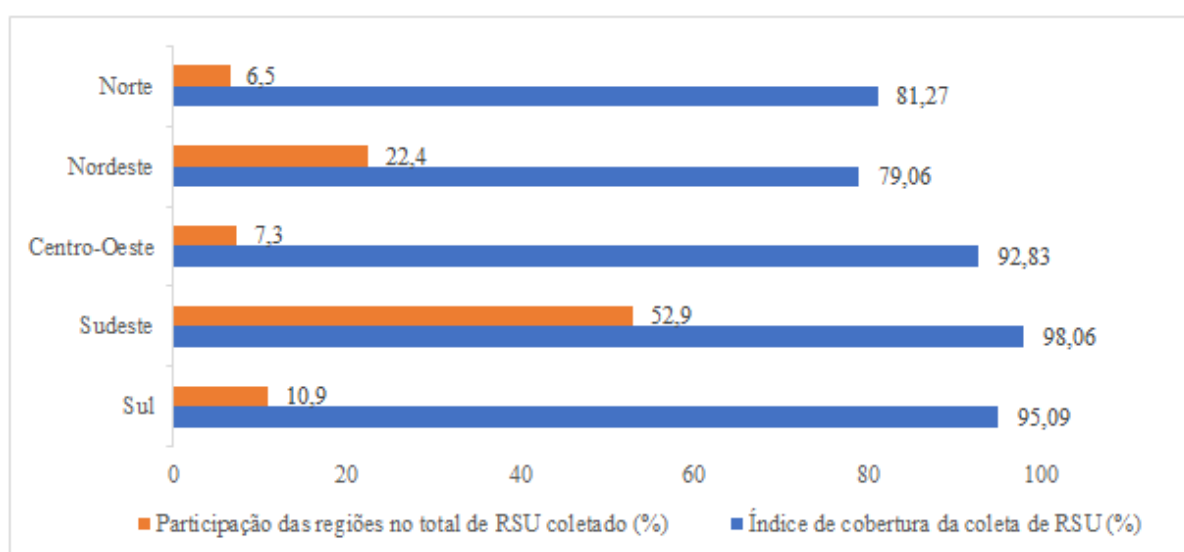
Fonte: Schalch (2018).

A compostagem e a biometanização - digestão anaeróbia da matéria orgânica - são opções para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos. Os resíduos compostáveis são frutas, legumes, verduras, filtro e borra de café, saquinho de chá, cereais, casca de ovo, pão, massas, arroz cozido, restos de jardins (folhas, flores e galhos), estrume, guardanapo de papel e cinzas da queima de madeira (SCHALCH et al., 2019). O reaproveitamento de embalagens e de roupas somam-se às opções para reutilização desses resíduos sólidos nos domicílios (MMA, 2019b). Já o material seco (plástico, papel e papelão, metal e vidro) não reciclável pode passar por processos térmicos ou ser utilizado como matéria-prima em outros processos antes de tornar-se rejeito e ser disposto em aterro sanitário (SCHALCH, 2018).

Quanto aos resíduos de limpeza urbana, a estratégia para sua gestão integrada parte da triagem visando a separação dos rejeitos, que devem ser dispostos em aterros sanitários, dos troncos, pequenos galhos e folhas. Após trituração dos resíduos, a serragem e pedaços de madeira são utilizados para recuperação energética e o restante pode ser utilizado para compostagem ou biometanização (SCHALCH, 2018).

Dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil ano-base 2017 (ABRELPE, 2018) apontam que, em relação a 2016, houve crescimento populacional de 0,75% e aumento de 0,48% na geração per capita de RSU, totalizando 214.868 toneladas por dia no país e representando um aumento total de 1%. O índice de cobertura da coleta foi de 91,24% (71.6 milhões de toneladas) que, embora tenha aumentado em relação ao ano anterior, indica que 6.9 milhões de toneladas de resíduos tiveram destinação imprópria. A região Sudeste deteve o maior índice de coleta (98,06%) com participação de 52,9% do total coletado. Os dados das demais regiões estão representados na Figura 8. Quanto à coleta seletiva, embora muitos municípios não realizassem a cobertura completa, 90,5% dos municípios da região Sul possuíam iniciativas de coleta seletiva, 87,8% na região Sudeste, 60% na Norte, 50,3% na Nordeste e 44,8% na Centro-Oeste. A implantação da coleta seletiva é responsabilidade do titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Os geradores, por sua vez, devem segregá-los - considerando sua constituição ou composição - e disponibilizá-los adequadamente (BRASIL, 2010a).

Figura 8 – Percentual de cobertura e participação das regiões do Brasil na coleta de RSU



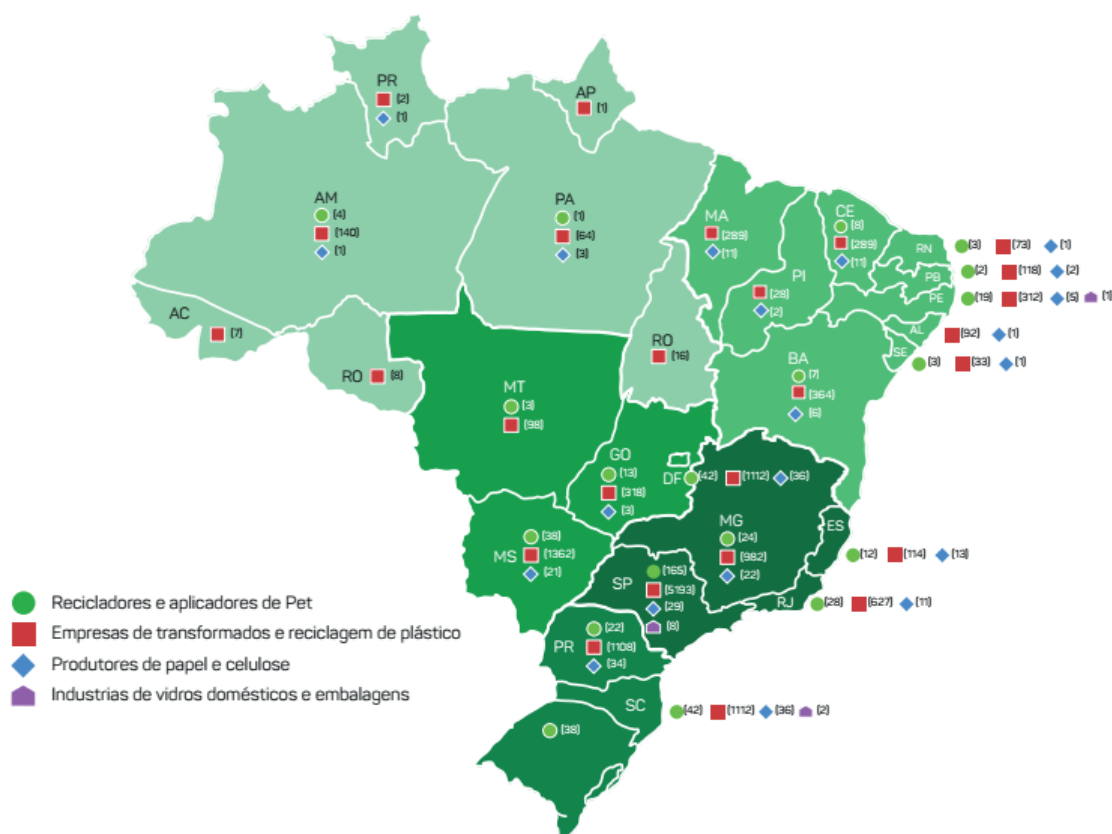
Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

Quanto à destinação ambientalmente correta dos RSU, segundo o Programa Lixão Zero (MMA, 2019b), embora a reutilização seja uma das prioridades da PNRS, o levantamento estatístico desta prática, que está fortemente relacionada com a conscientização ambiental da população, não é fácil de ser mensurado. A reciclagem dos resíduos secos conta com empresas produtoras e recicladoras em todas as regiões do país, no entanto, conforme Figura 9, a maior parte delas se localiza nas regiões Sul e Sudeste, o que dificulta a logística para a entrega dos resíduos por parte de cooperativas de catadores não orientados pelos sistemas de logística reversa.

A compilação dos números sobre reciclagem dos RSU elaborada pelo Programa Lixão Zero indica que, em 2014, foram reciclados 56,6% do papel passível de reciclagem consumidos no país; a reciclagem mecânica de material plástico foi cerca de 10% da produção total do setor

em 2016; em 2013, dos 90% do PET utilizados na produção de embalagens para bebidas e alimentos, 57,1% foram reciclados; em 2012, 47% das latas de aço consumidas foram recicladas; em 2015, dos 36,6% de alumínio consumidos pelo setor de embalagens, 97,9% foram reciclados; e, embora o vidro seja 100% reciclável, o relatório não apresentou seus índices. Quanto à reciclagem dos resíduos orgânicos, a estimativa da parcela reciclável orgânica em 2015 foi de 50% dos RSU gerados, indicando o potencial de reciclagem do material que, em sua maioria, é disposto em aterros sanitários, aterros controlados ou lixões. No entanto, somente 0,4% da massa coletada dos RSU é valorizada em unidades de compostagem (MMA, 2019b) contra 6% de compostagem dos RSU em países de renda alta (KAZA et al., 2018).

Figura 9 – Localização do parque industrial de produtores e recicladores de PET, papel e papelão, plástico e vidro

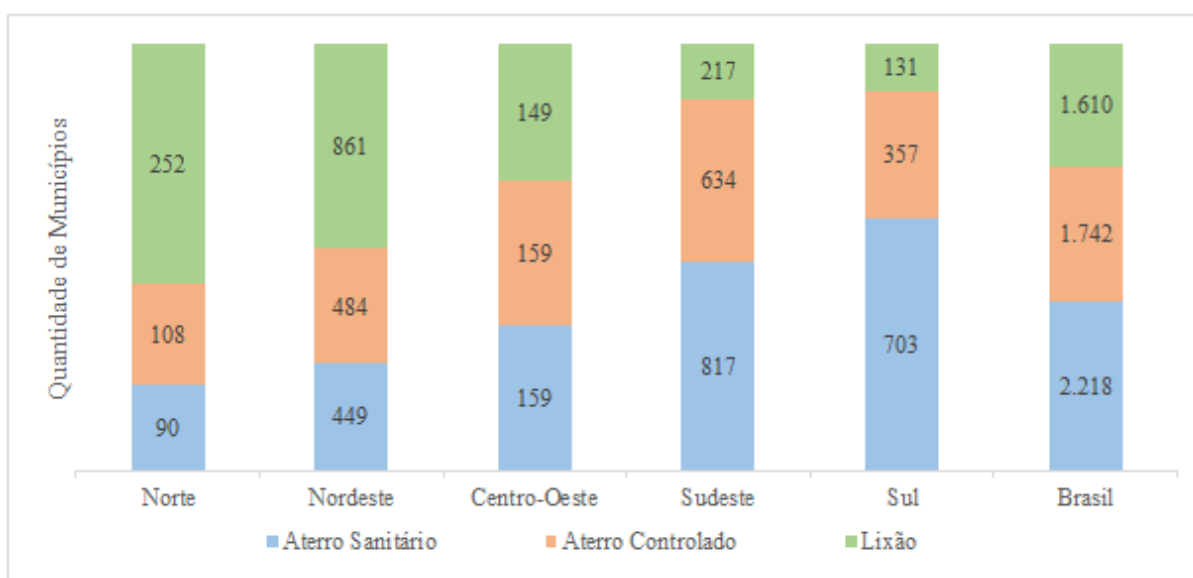


Fonte: MMA (2019b).

Sobre a disposição final dos RSU, 59,1% (42.3 milhões de toneladas) do que é coletado é disposto em aterro sanitário e 40,9% é disposto de maneira inadequada. A Figura 10 apresenta a disposição final adotada pelos municípios no Brasil, agrupado por região. Dos 5.570 municípios brasileiros, 39,8% dispõe seus rejeitos em aterros sanitários, 31,3% em aterros controlados e 28,9% em lixões (ABRELPE, 2018), apesar de o Art. 54 da PNRS (BRASIL, 2010b) ter determinado que até 2014 deveria ser implantada a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Como o prazo não foi cumprido pela maioria dos municípios, desde 2015 está

tramitando o Projeto de Lei 2289/2015¹⁵ que prorroga este prazo de acordo com os seguintes critérios, considerando o Censo de 2010: capitais de estados e municípios integrantes de região metropolitana até julho/2018; municípios com população superior a 100mil habitantes cuja mancha urbana da sede esteja a menos de 20km da fronteira com outros países até julho/2019; municípios com população entre 50 e 100mil habitantes até julho/2020; e municípios com população inferior a 50mil habitantes até julho/2021. Até agosto de 2019, a situação do projeto estava como “Aguardando Criação de Comissão Temporária pela MESA; Pronta para Pauta no PLENÁRIO (PLEN)” e a última atualização aconteceu em abril/2019, quando foi aprovado o requerimento de alteração do regime de tramitação do Projeto de Lei para “Urgência Urgentíssima”.

Figura 10 – Disposição final de RSU adotada pelos municípios brasileiros, visão nacional e por região



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

Em nível nacional, os recursos aplicados na coleta de RSU total, por ano, são da ordem de R\$ 10.145.000,00 (dez milhões e cento e quarenta e cinco mil reais), representando R\$ 4,07 (quatro reais e sete centavos) per capita por mês. A região Sudeste possui o maior valor per capita/mês (R\$ 5,12), seguida da região Sul (R\$ 3,78), Norte (R\$ 3,24), Nordeste (R\$ 3,15) e Centro-Oeste (R\$ 3,13). Já em relação aos demais serviços de limpeza urbana, incluindo despesas com a destinação final dos RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, etc, foram aplicados, em 2017, R\$ 15.711.000,00 (quinze milhões e setecentos e onze mil reais), representando R\$ 6,30 (seis reais e trinta centavos) per capita por mês. Na distribuição regional, o maior valor per capita/mês também foi da região Sudeste (R\$ 8,31), seguida pela região Nordeste (R\$ 5,51), Norte (R\$ 4,93), Sul (R\$ 4,42) e Centro-Oeste (R\$ 3,26) (ABRELPE, 2018).

¹⁵ <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1555331>

3.3.2 Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços

Os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RC) são os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos de limpeza urbana, os resíduos de serviços públicos de saneamento básico, os resíduos de serviços de saúde, os resíduos da construção civil e os resíduos de serviços de transportes. Os RCS, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal (BRASIL, 2007; BRASIL, 2010b).

Porém, para resíduos perigosos ou não perigosos mas que o poder público municipal os diferenciar dos RSU, o Art. 20 da PNRS (BRASIL, 2010b) determina a necessidade de elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos que atenderá ao disposto no PMGIRS. Para microempresas e empresas de pequeno porte deverão ser estabelecidos, em regulamentos, critérios e procedimentos simplificados para apresentação dos planos.

Schalch et al. (2019) destacam a dificuldade de quantificação e caracterização destes resíduos sólidos devido sua classificação por exclusão na PNRS. Soma-se a isso a pequena quantidade de trabalhos na literatura e o manejo destes resíduos ser realizado conforme procedimentos aplicáveis a resíduos de outras origens.

3.3.3 Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico

Segundo a Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010, saneamento básico é um conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas. Os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico são os gerados nessas atividades, com exceção dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010b). Além da PNRS e da Lei nº 11.445/2, destacam-se as normas técnicas apresentadas no Quadro 2 e a legislação a seguir:

- Lei nº 9.433/1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Resolução Conama nº 313/2002: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais;
- Resolução Conama nº 375/2006: Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto (ETE);
- Resolução Conama nº 377/2006: Licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário;
- Resolução Conama nº 430/2011: Condições e padrões de lançamento de efluentes;
- Portaria de Consolidação nº 5/2017: Consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde e revoga a Portaria MS nº 2.914/2001.

Quadro 2 – Normas ABNT relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário

Número	Título	Objetivo
NBR 9649:1986	Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento	Fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.
NBR 9800:1987	Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário - Procedimento	Estabelece critérios para o lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público do esgoto sanitário.
NBR 10664:1989	Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio	Prescreve os métodos de determinação das diversas formas de resíduos (total, fixo, volátil; não-filtrável, não-filtrável fixo, e não-filtrável volátil; filtrável fixo e filtrável volátil) em amostras de águas, afluentes domésticos e industriais, lodos e sedimentos.
NBR 12211:1992	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água - Procedimento	Fixa as condições exigíveis para estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
NBR 12213:1992	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento	Fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
NBR 12216:1992	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público - Procedimento	Fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de estação de tratamento de água destinada à produção de água potável para abastecimento público.
NBR 12208:1992	Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento	Fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico sanitário de estações elevatórias de esgoto sanitário com emprego de bombas centrífugas, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.
NBR ISO 24510:2012	Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto	Especifica os elementos dos serviços de água potável e de esgoto que possuem relevância e interesse para os usuários.
NBR 12209:2011	Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários	Condições recomendadas para a elaboração de projeto hidráulico e de processo de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE), observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário.

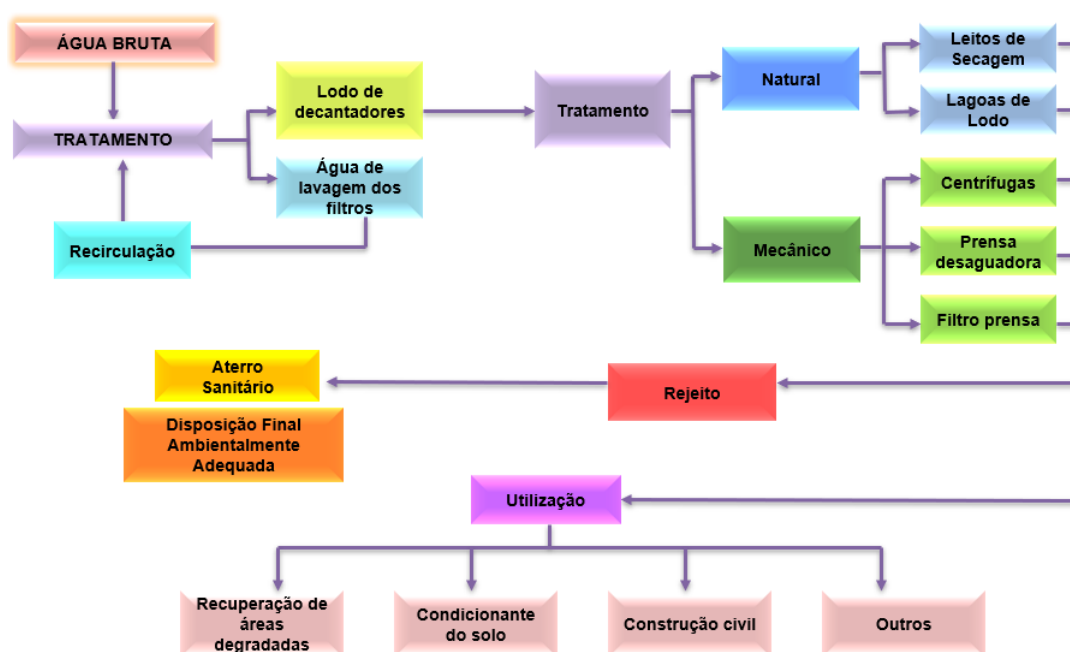
Fonte: ABNT (2019).

Os resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água (ETA) são chamados de lodo de ETA ou resíduos de ETA. No Brasil, a maioria das ETAs é de ciclo completo (que inclui coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração) e seus resíduos são compostos de descargas dos decantadores ou lodo de flotação junto com a água de lavagem dos filtros. Fatores como a qualidade da água bruta, a tecnologia empregada e os produtos químicos utilizados no tratamento da água interferem diretamente nas características desses resíduos (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

O lodo de ETA possui cerca de 95% de umidade e ainda assim está enquadrado como resíduo sólido pela NBR 10.004 (ABNT, 2004a) e pela PNRS (BRASIL, 2010b). É classificado como resíduo sólido industrial pela Resolução do CONAMA nº 313/2002 (CONAMA, 2002b) por conta de a geração deste resíduo fazer parte do processo de produção na indústria da água (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

Schalch (2018), na Figura 11, apresenta uma estratégia para gestão dos resíduos de ETA, os tipos de tratamento disponíveis e alternativas para utilização do lodo, em consonância com Andrade, Silva e Oliveira (2014), que acrescentam que quando a ETA não possui área disponível, restrições no entorno ou falta de condições técnicas e/ou econômicas para implantar o sistema de tratamento de resíduos, o lançamento do lodo da ETA em estações de tratamento de esgoto torna-se uma alternativa.

Figura 11 – Estratégia de gestão de resíduos de estações de tratamento de água

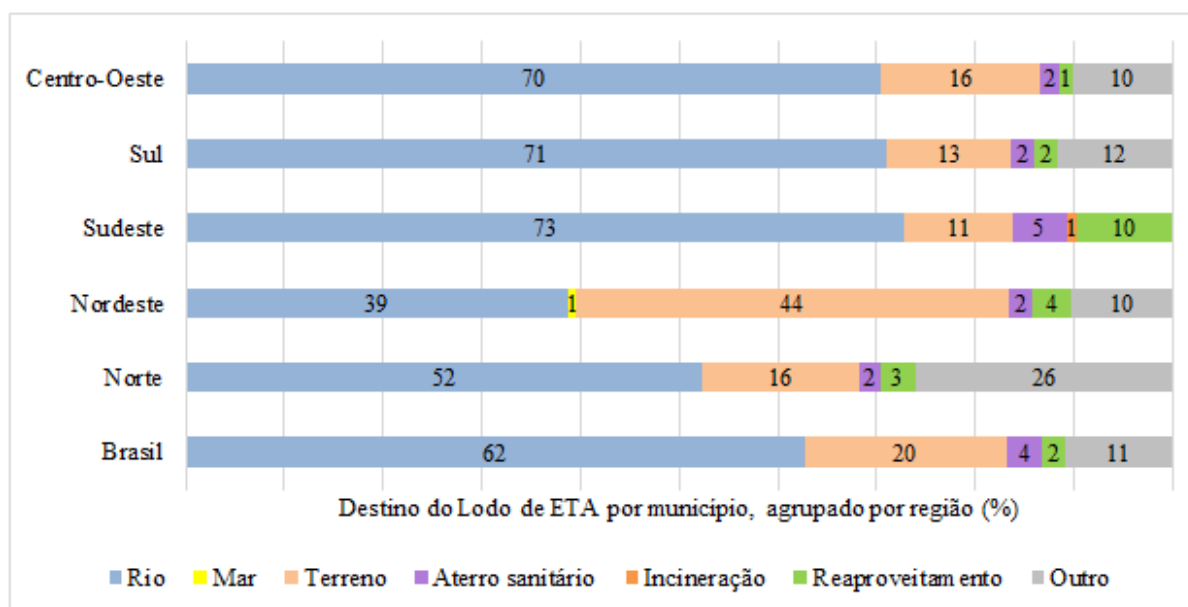


Fonte: Schalch (2018).

Em 2008, 62% dos municípios brasileiros geravam lodo no processo de tratamento de água. Deste montante, 36% na região Sudeste, 22% na Nordeste, 18% no Sul e no Norte e 6% no Centro-Oeste. Quanto à destinação deste lodo, observa-se na Figura 12, ressaltando que o

município pode dar mais de um destino ao lodo gerado no processo de tratamento da água, que com exceção da região Nordeste, em sua maioria ocorre o lançamento nos rios (IBGE, 2010).

Figura 12 – Destino do lodo gerado em estações de tratamento de água totalizado por município e agrupado por região



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

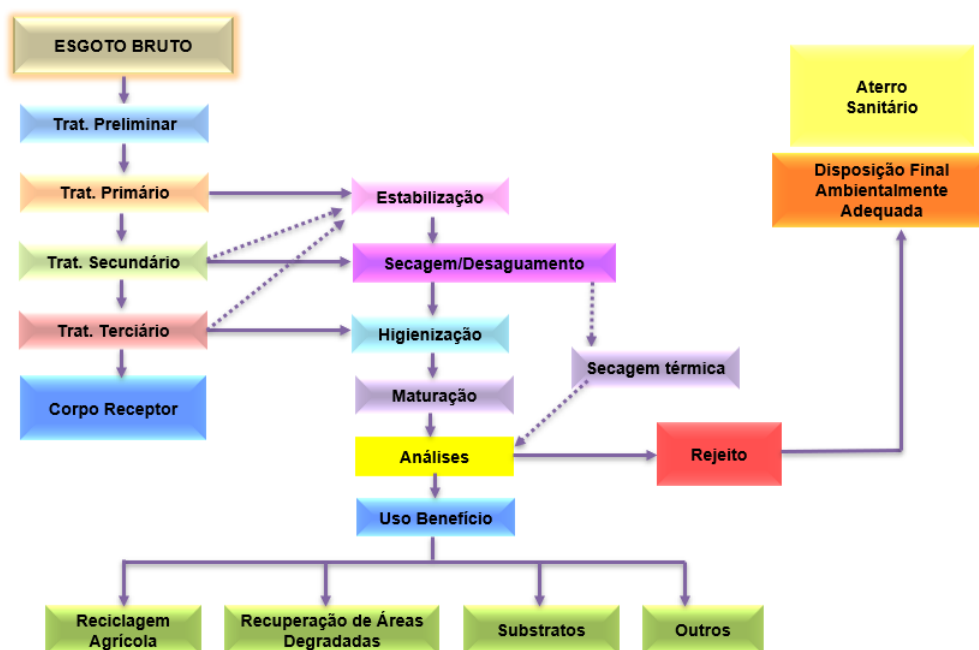
A redução da quantidade desses resíduos e sua destinação adequada são desafios internacionais. A tendência é trabalhar para a não geração, redução, reutilização e reciclagem para que a quantidade de rejeito seja a menor possível (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). O monitoramento das etapas de sedimentação ou flotação e filtragem para quantificar o lodo gerado, a diminuição da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros e a otimização das operações da ETA melhoram a qualidade da água tratada e geram menos resíduo. Para as ETAs em funcionamento, recomenda-se a adaptação dos decantadores para mecanizar a remoção do lodo (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

Quanto aos serviços públicos de esgotamento sanitário, segundo a Lei do Saneamento Básico, são constituídos por pelo menos uma das seguintes atividades:

- I - coleta, inclusive ligação predial, dos esgotos sanitários;
- II - transporte dos esgotos sanitários;
- III - tratamento dos esgotos sanitários; e
- IV - disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais, inclusive fossas sépticas. (BRASIL, 2007, Art. 9º)

A estratégia para gestão dos resíduos de ETE proposta por Schalch (2018) na Figura 13 apresenta as etapas do tratamento realizado nas ETEs e alternativas para reutilização do lodo, sendo uma delas o uso agrícola, regulamentado pela Resolução Conama nº 375/2006.

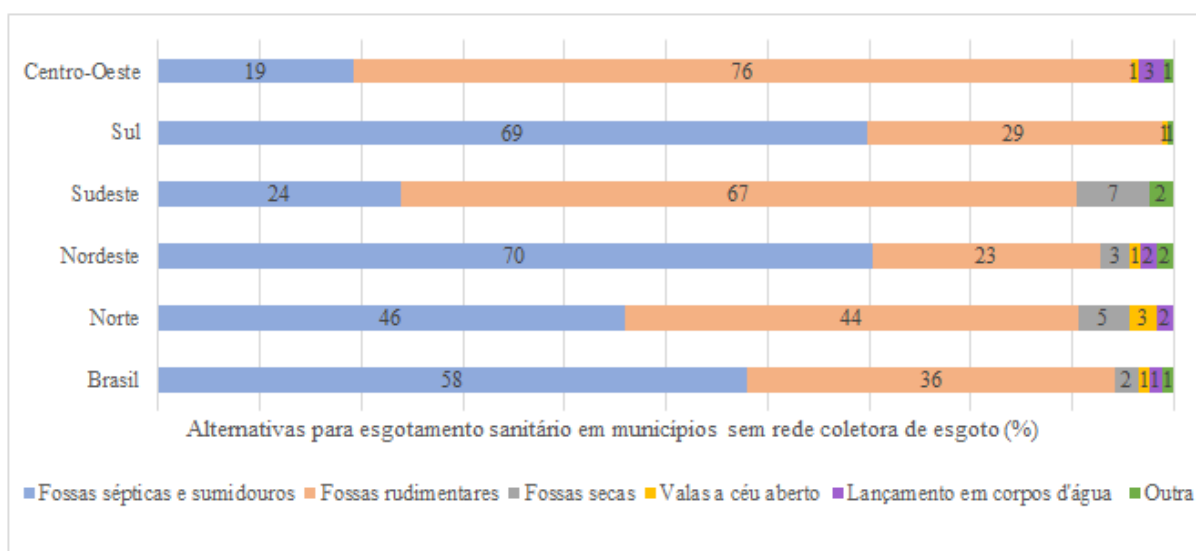
Figura 13 – Estratégia de gestão de resíduos de estações de tratamento de esgoto



Fonte: Schalch (2018).

A Pesquisa do Saneamento Básico 2008 (IBGE, 2010) também apontou que 44,8% dos municípios brasileiros não possuíam rede coletora de esgoto, sendo 39% na região Nordeste, 29% na Sul, 16% na Norte, 13% na Centro-Oeste e 3% na Sudeste. As soluções para esgotamento sanitário dadas por estes municípios estão apresentadas na Figura 14, indicando que as principais alternativas, em nível nacional, são as fossas sépticas e sumidouros (58%) seguidas das fossas rudimentares (36%).

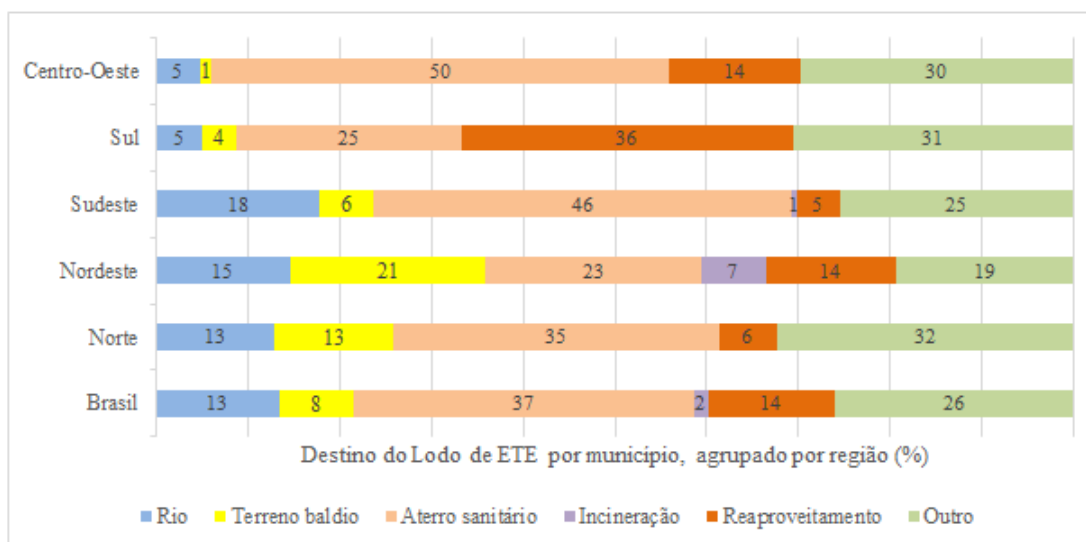
Figura 14 – Alternativas utilizadas para esgotamento sanitário por municípios sem rede coletora de esgoto



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Dos 27,2% dos municípios que realizam tratamento do esgoto sanitário nas ETEs, 72% destinam o lodo gerado, sendo 37% dispostos em aterro sanitário e 26% em outras alternativas, conforme ilustrado na Figura 15 que também apresenta os destinos por região (IBGE, 2010).

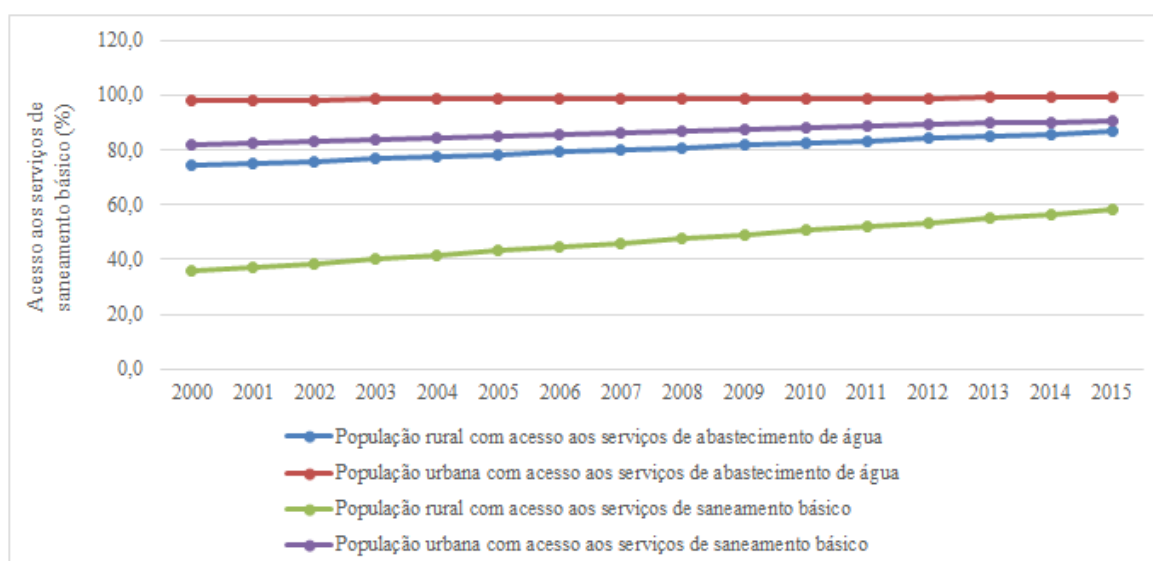
Figura 15 – Destino do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgoto, por região, em municípios com tratamento de esgoto sanitário realizado nas ETEs



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Em 2015, 86,15% da população brasileira tinha acesso aos serviços de saneamento básico e 97,5% cobertura de abastecimento de água (The World Bank, 2019). No entanto, conforme ilustrado na Figura 16, que apresenta a evolução histórica na prestação destes serviços no Brasil, observa-se a desigualdade no acesso da população rural em relação a urbana.

Figura 16 – Evolução do acesso aos serviços de saneamento básico e abastecimento de água para população urbana e rural no Brasil (%)



Fonte: Adaptado de The World Bank (2019).

3.3.4 Resíduos Industriais

A obrigatoriedade, por parte das indústrias, de fornecer informações sobre os resíduos por elas gerados data de 1998, por meio da Resolução Conama nº 6, que foi revogada pela Resolução Conama nº 313/2002, que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (CONAMA, 2002b). Esta Resolução define resíduo sólido industrial como

todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (CONAMA, 2002b, Inciso I do Art. 2º)

Segundo o Art 4º da Resolução Conama nº 313/2002, as indústrias de preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados; de fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool; de fabricação de produtos químicos; de metalurgia básica; de fabricação de produtos de metal, excluindo máquinas e equipamentos; de fabricação de máquinas e equipamentos; de fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática; de fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias; e de fabricação de outros equipamentos de transporte deveriam fornecer aos órgãos ambientais estaduais, até um ano após a publicação desta Resolução, dados de geração, características, armazenamento, tratamento, transporte e destinação dos seus resíduos industriais, conforme relação disponível no Anexo II da Resolução.

Cada órgão estadual de meio ambiente deveria compilar os dados, repassá-los ao Ibama até 2004 e elaborar o Programa Estadual de Gerenciamento de Resíduos Industriais até novembro de 2005. Estes programas seriam utilizados na elaboração do Plano Nacional para Gerenciamento de Resíduos Industriais, cujo prazo era novembro de 2006. No entanto, segundo o diagnóstico dos RI realizado pelo IPEA em 2012 (IPEA, 2012c), alguns Estados não elaboraram os inventários de RI e, os que foram produzidos, não possuíam uma padronização, pois em geral contavam com particularidades de cada Estado e muitas vezes com períodos de coleta de dados distintos e até defasados. O IPEA (2012c) afirma que apesar de não ter sido possível a produção do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, os Estados que elaboraram seus inventários permitiram uma visão preliminar da geração de RI e a análise destes documentos indica a necessidade de reformulação da metodologia para a obtenção do Inventário Nacional, começando com a revisão ou revogação da Resolução nº 313/2002.

Com a publicação da PNRS (BRASIL, 2010b), os resíduos industriais foram definidos como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais e seus geradores estão sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, detalhado na seção V do Capítulo II da PNRS.

Para a Confederação Nacional das Indústrias (CNI), entidade de maior representatividade do setor industrial, os instrumentos da PNRS que mais se destacam para a indústria são os que estão voltados às obrigações legais impostas pela Lei, a saber: educação ambiental, logística reversa, acordos setoriais, planos de resíduos, coleta seletiva, instrumentos econômicos, sistemas de informações e uso de tecnologias inovadoras para a gestão de resíduos. A CNI destaca que o investimento em projetos de produtos e embalagens voltados para o meio ambiente é uma estratégia para reduzir os custos no processo produtivo e na logística reversa, além de atender à PNRS no sentido de não gerar ou minimizar a geração de resíduos. No entanto, pontua que no Brasil ainda é uma prática pouco explorada pelas empresas e reforça que a lógica linear de produção, onde a matéria-prima é extraída para produção de produtos que são posteriormente descartados como resíduos, não pode se sustentar a longo prazo. Por fim, a CNI defende a regulamentação da requalificação de resíduos - quando os resíduos passam a ser considerados subprodutos ou matérias-primas secundárias, incentivando o reaproveitamento e a reciclagem - e da recuperação energética dos resíduos (CNI, 2014).

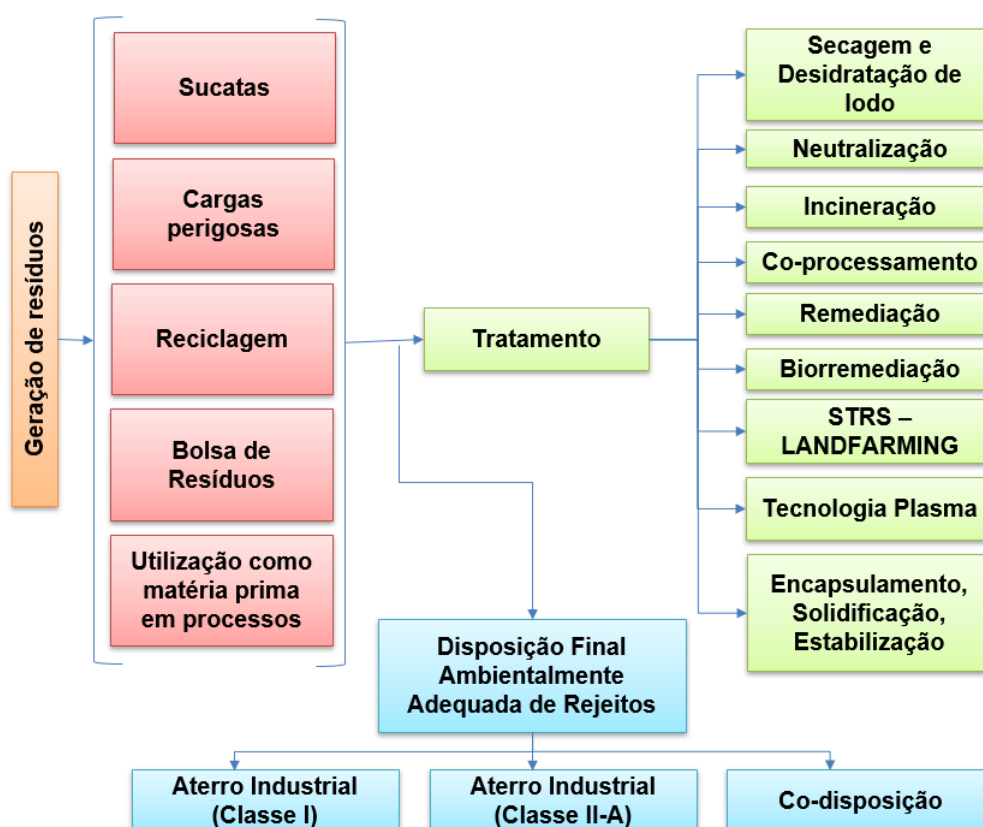
A variedade de atividades dos diversos segmentos industriais resulta em diferentes tipos de resíduos em cada etapa da produção (IPEA, 2012c; SCHALCH et al., 2019). O setor eletroeletrônico, por exemplo, está presente desde a indústria de base até o consumidor final e seus resíduos estão sujeitos à logística reversa. Nas etapas iniciais da cadeia produtiva da indústria do alumínio, cada tonelada de alumina (óxido de alumínio, principal componente da bauxita) produzida gera entre 700 e 900 kg de resíduos de bauxita. Parte desses resíduos são utilizados como alternativas de reaproveitamento e coprocessamento. A indústria de cimento utiliza muita energia e recursos naturais não renováveis no seu processo produtivo, mas em contrapartida seus fornos de fabricação tem sido utilizados como ferramenta para destinação ambientalmente adequada de outros resíduos. Estes fornos podem ser utilizados para coprocessamento dos resíduos de indústrias dos setores químico, petroquímico, metalúrgico, alumínio, automobilístico e papel e celulose, além de pneus inservíveis e resíduos sólidos urbanos (CNI, 2014).

Schalch et al. (2019) complementam que a ausência de dados consolidados sobre a geração de RI no país impossibilita a definição precisa das quantidades geradas, seja por setor industrial ou por classe. Ainda assim, o IPEA (2012c) afirma que cerca de 40% dos resíduos sólidos industriais podem ser considerados perigosos.

A gestão dos RI é de responsabilidade do gerador, desde a elaboração do plano de gerenciamento até todos os custos relacionados ao seu gerenciamento (armazenamento, transporte, coleta, destinação e disposição final) e licenças devidas (SCHALCH et al., 2019). O gerenciamento adequado dos resíduos industriais envolve controle dos processos produtivos, tecnologia, recursos humanos e financeiros, uso de matérias primas e insumos de qualidade, mas além disso, requer uma conduta empresarial voltada para a busca de sustentabilidade no meio industrial refletida nas suas metas e objetivos (IPEA, 2012c; CNI, 2014).

Como estratégia para gestão integrada de RI, Schalch (2018) destaca a adoção das práticas de Prevenção da Poluição (P2) - que são formas para evitar, reduzir ou controlar a geração, emissão ou disposição de poluentes ou rejeitos, visando reduzir o impacto ambiental - e de Produção Mais Limpa (P+L) - que busca reduzir o impacto ambiental da indústria por meio de estratégias ambientais integradas em processos, produtos e serviços - e, na Figura 17, apresenta os principais RI, as opções de tratamento e disposições finais ambientalmente adequadas.

Figura 17 – Estratégia de gestão integrada de resíduos industriais



Fonte: Schalch (2018).

3.3.5 Resíduos de Serviços de Saúde

A Resolução CONAMA nº 358/2005 (CONAMA, 2005a), define RSS como resíduos resultantes de atividades exercidas nos serviços relacionados ao atendimento de saúde humana ou animal (exceto indústrias de produtos para saúde e fontes radioativas seladas que seguem determinações específicas) que “por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento prévio à sua disposição final”. Na PNRS, os RSS são aqueles “gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS” (BRASIL, 2010b, Inciso I do Art. 13). A Resolução RDC nº 222/2018 (ANVISA, 2018), que revogou a Resolução RDC nº 306/2004 e desvinculou o atendimento das normas técnicas da ABNT (NBR 12.235:1992, NBR 12.810:1993,

NBR 13.853:1997, NBR 9.191:2000, NBR 7.500:2000, NBR 14.652:2001, NBR 14.725:2001 e NBR 10.004:2004) anteriormente previstas, define RSS como todos os resíduos resultantes das atividades exercidas pelos geradores de resíduos de serviços de saúde em qualquer etapa do gerenciamento dos RSS e os classifica nos cinco grupos apresentados no Quadro 3. São geradores de RSS

todos os serviços cujas atividades estejam relacionadas com a atenção à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de piercing e tatuagem, salões de beleza e estética, dentre outros afins (ANVISA, 2018, Art. 2º).

Quadro 3 – Classificação dos RSS conforme Resolução RDC nº 222/2018

Classificação	Definição
Grupo A	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção.
Grupo B	Resíduos contendo produtos químicos que apresentam periculosidade à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e quantidade.
Grupo C	Qualquer material que contenha radionuclídeo em quantidade superior aos níveis de dispensa especificados em norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
Grupo D	Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
Grupo E	Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; ponteiros de micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Fonte: Adaptado de Anvisa (2018).

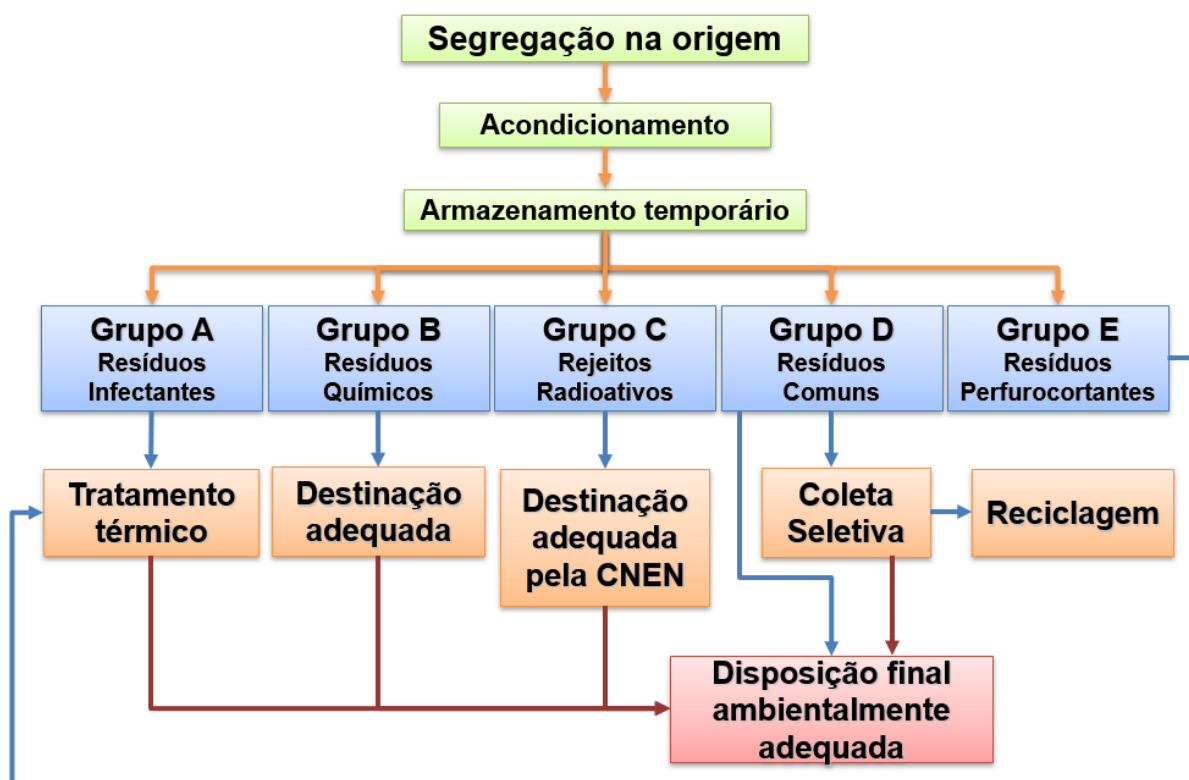
Quanto à identificação, o Grupo A deve, no mínimo, conter o símbolo de risco biológico, com rótulo de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescido da expressão RESÍDUO INFECTANTE; o Grupo B é identificado por meio de símbolo e frase de risco associado à periculosidade do resíduo químico; o Grupo C é representado pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante (trifólio de cor magenta ou púrpura) em rótulo de fundo amarelo, acrescido da expressão MATERIAL RADIOATIVO, REJEITO RADIOATIVO ou

RADIOATIVO; o Grupo D segue a identificação definida pelo órgão de limpeza urbana; e o Grupo E pelo símbolo de risco biológico, com rótulo de fundo branco, desenho e contorno preto, acrescido da inscrição de RESÍDUO PERFUROCORTANTE ou PERFUROCORTANTE (ANVISA, 2018).

As etapas de manejo e o gerenciamento dos RSS são apresentadas, respectivamente, nos Capítulos III e VI da Resolução RDC nº 222/2018, no entanto, destaca-se que a segregação dos resíduos deve ocorrer no momento da geração, conforme sua classificação e em função do risco presente; que RSS que não apresentem risco biológico, químico ou radioativo podem ser encaminhados para reciclagem, recuperação, reutilização, compostagem, aproveitamento energético ou logística reversa; que os rejeitos que também não apresentem risco biológico, químico ou radiológico devem ser dispostos de maneira ambientalmente adequada; e que as embalagens primárias vazias de medicamentos cujas classes farmacêuticas constem da Resolução devem ser descartadas como rejeitos e não precisam de tratamento prévio (ANVISA, 2018).

Quanto às responsabilidades, o gerenciamento dos RSS deve constar do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e os geradores devem elaborar e implantar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), seguindo a legislação vigente e iniciando a segregação na origem, conforme esquema elaborado por Schalch (2018) como estratégia de gestão integrada de RSS.

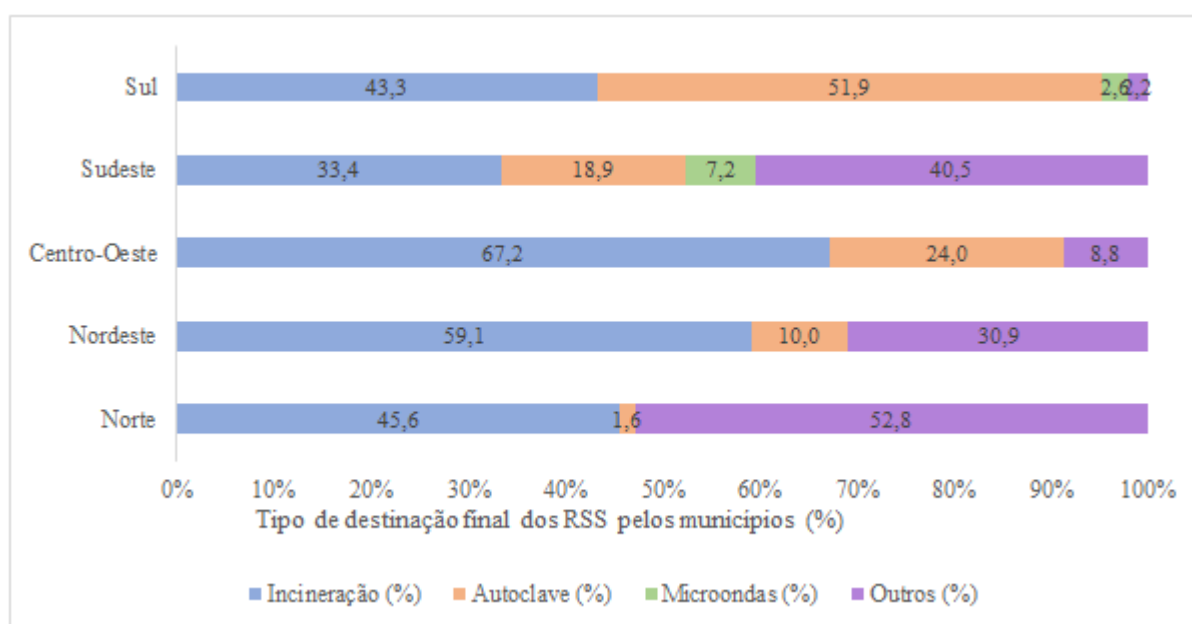
Figura 18 – Estratégia de gestão integrada de RSS



Fonte: Schalch (2018).

Segundo a Abrelpe (ABRELPE, 2018), em 2017, 82,04% dos municípios no Brasil prestaram serviços de coleta, tratamento e disposição final de RSS, totalizando cerca de 257 mil toneladas de resíduos (1,2 kg por habitante/ano). No entanto, cerca de 27,5% dos municípios destinaram seus RSS sem declarar o tratamento prévio previsto nas normas vigentes. A destinação final para os RSS foi de 47,6% para incineração, 22,1% para autoclave, 2,7% para microondas e 27,6% distribuídos entre destinação sem tratamento prévio, aterros, valas sépticas, lixões ou outros. Os dados por região estão dispostos na Figura 19.

Figura 19 – Destinação final dos RSS por região em 2017



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

3.3.6 Resíduos da Construção Civil

A diferença na definição dos RCC da PNRS (BRASIL, 2010b) em relação à Resolução Conama nº 307/02 (CONAMA, 2002a) - que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e que teve os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 alterados pela Resolução CONAMA nº 448/12 - é que a Resolução acrescenta uma série de materiais que caracterizam os RCC e os define como aqueles

provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002a, Inciso I do Art. 2º).

O Quadro 4 apresenta as classificações dos RCC e respectiva destinação ambientalmente correta, conforme Art. 3º e 10 da Resolução. Os resíduos da Classe B podem receber o mesmo destino dos domiciliares; os da Classe C não passam por nenhum processo tecnológico para reciclagem ou reutilização e devem seguir para disposição final ambientalmente adequada; e os da Classe D podem ser destinados à indústria química para serem utilizados como subprodutos.

Os geradores dos RCC são responsáveis pelo seu manejo e destinação ambientalmente correta, mas em sua maioria, segundo Córdoba (2010), optam pela terceirização do serviço de coleta e transporte, especialmente devido aos grandes volumes. Essas empresas, em geral, são privadas e estão cadastradas para transporte deste tipo de resíduo. No entanto, os pequenos geradores (até $1m^3$ de RCC) nem sempre se utilizam destes serviços, seja pela pequena quantidade gerada ou pelo custo, e acabam por adotar sistemas informais como a contratação de carroceiros ou particulares.

Quadro 4 – Classificação e respectiva destinação ambientalmente correta dos RCC

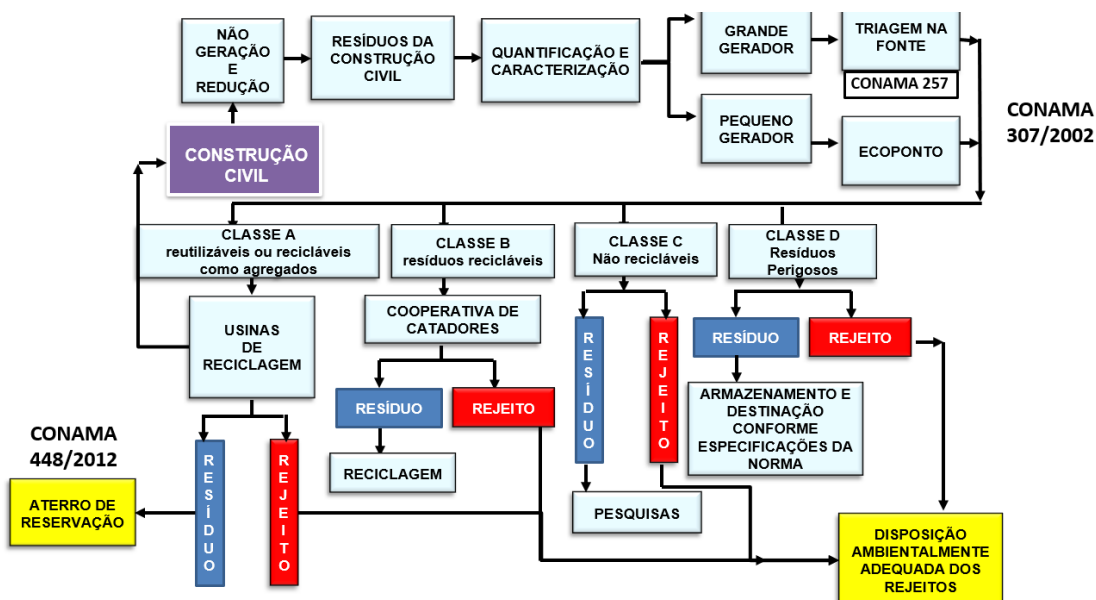
Classificação	Destinação
<p>Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:</p> <p>a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</p> <p>b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;</p> <p>c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.</p>	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
<p>Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.</p>	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
<p>Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.</p>	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
<p>Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.</p>	

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002a).

O Art. 6º da Resolução Conama nº 307/2002 (CONAMA, 2002a) define o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil como instrumento para gestão dos RCC. Este Plano deve ser elaborado pelo Distrito Federal e Municípios e contemplar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (elaborado, implementado e coordenado pelo Distrito Federal e Municípios) e os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (elaborados e implementados pelos geradores dos RCC). A PNRS, no Art. 20, ratifica que as empresas da construção civil devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e apresenta seu conteúdo mínimo no Art. 21 (BRASIL, 2010b).

Dentre os itens que devem constar no Plano Integrado de Gerenciamento de RCC, destaca-se “o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal” (CONAMA, 2002a, Inciso II do Art. 6º), cujas diretrizes para projeto, implantação e operação estão definidas na NBR 15112:2004 (ABNT, 2004b). Quanto aos aterros de RCC Classe A e resíduos inertes, a norma vigente é a NBR 15113:2004 (ABNT, 2004c) que também define os requisitos mínimos para projeto, implantação e operação destes aterros visando ainda a reservação de forma segregada para possibilitar a reutilização da área. Na Figura 20, Schalch (2018) apresenta um esquema com a estratégia de gestão integrada de RCC indicando as alternativas para destinação e disposição final dos RCC.

Figura 20 – Estratégia de gestão integrada de RCC elaborada conforme Resolução Conama nº 307/02



Fonte: Schalch (2018).

Os dispositivos de acondicionamento - sacos plásticos e lixeiras, por exemplo - devem possuir placas informativas com os tipos de resíduos que recebe, conforme cores estabelecidas pela Resolução Conama nº 275/2001, ficarem dispostos de forma permanente, com fácil visualização e de tal forma que não dificultem as atividades operacionais (NAGALLI, 2016). Para o

armazenamento dos resíduos, o equipamento mais utilizado é o contêiner metálico estacionário (caçamba estacionária) que possui uma capacidade de 3 a 5m³ (CÓRDOBA, 2010), mas outras opções são as bombonas (recipiente plástico, com capacidade de 50L, para armazenamento de substâncias líquidas), as *bags* (saco de rafia, com capacidade média de 1m³) e as baias (com diversas dimensões, com ou sem cobertura, geralmente construídas em madeira conforme necessidade e disponibilidade de espaço na obra). As baias também são utilizadas para triagem, facilitando a reutilização na própria obra (NAGALLI, 2016).

Blocos de concreto, blocos e componentes cerâmicos, argamassa, tijolos e assemelhados são preferencialmente armazenados em caçambas estacionárias, assim como gesso de revestimento, placa acartonada e artefato, desde que seja respeitada a segregação em relação aos resíduos de alvenaria e concreto. Madeira e metal podem ser armazenados em caçambas estacionárias, mas a melhor opção são as baias, que também armazenam serragem, tela de fachada e de proteção, plástico, EPS e, quando devidamente sinalizadas, impermeabilizadas e com controle de circulação atmosférica, resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas e de metal e em instrumentos de aplicação. As *bags* armazenam papel, papelão, resto de uniforme, bota, pano e trapo sem contaminação por produtos químicos, mas também podem armazenar serragem e plásticos (NAGALLI, 2016).

Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (IBGE, 2018b), até o final de 2017 o setor englobava 126,3 mil empresas ativas e ocupava 1,91 milhões de pessoas. A indústria da construção gerou R\$ 280 bilhões em valor de incorporações, obras e serviços, sendo 94,4% deste total referentes a obras e serviços de construção, sendo os principais grupos de produtos as obras residenciais; a construção de rodovias, ferrovias, obras urbanas e obras de arte especiais; e serviços especializados para construção. Em comparação com 2008, a participação em valor das obras de infraestrutura caiu em 15,1%, mas registrou-se alta de 8,6% para construção de edifícios e 6,6% para serviços especializados. Quanto ao tipo de cliente, registrou-se que o setor público perdeu representatividade para o setor privado, reduzindo sua participação em 11% em relação a 2008. A região Sudeste ocupa a primeira posição em valor das incorporações (49,8%) e pessoal ocupado (48,8%); seguida da região Nordeste (18,9% e 21,2%), Sul (17,1% e 16,3%), Centro-Oeste (8,7% e 8,1%) e Norte (5,6% em ambos).

Tanto na PNRS como na Resolução Conama n° 307/2002, a prioridade é a não geração de resíduos. No entanto, o constante crescimento da indústria da construção - considerada como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social e também uma das maiores geradoras de impactos ambientais - indica a necessidade de conscientização e utilização de tecnologias para redução, reutilização e reciclagem dos RCC, reduzindo consequentemente a quantidade de rejeitos para disposição final (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Segundo a Abrelpe (ABRELPE, 2018), a coleta de RCC em 2017 foi de cerca de 45 milhões de toneladas, indicando uma redução de 0,1% em relação a 2016. Deste montante, 51,9%

dos RCC coletados, em tonelada por dia, foi na região Sudeste, seguida por 19,9% no Nordeste, 13,3% no Sul, 11% no Centro-Oeste e 3,8% no Norte.

O desperdício nas obras de construções, reformas e demolições são os principais geradores de RCC, geralmente compostos por restos de argamassas, tijolo, alvenaria, concreto, pedra, cerâmica, gesso, plástico, madeira, metais etc (CÓRDOBA, 2010; BRASILEIRO; MATOS, 2015). Alguns exemplos de outros países para reduzir a geração de RCC são o incentivo ao uso de materiais reciclados e recicláveis, a triagem dos RCC nas obras, a demolição controlada, a definição de taxas para materiais provenientes da mineração, o subsídio financeiro para unidades de tratamento de RCC e a padronização para o uso de materiais reciclados (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Enquanto a reciclagem de RCC foi objeto de estudo na Europa nos anos 80, somente em 1995 que as usinas de reciclagem começaram a operar em escala industrial no Brasil. As normas técnicas sobre reciclagem de RCC são de 2004 (Quadro 5) e possuem a Resolução Conama nº 307/2002 como referência normativa, além de outras normas ABNT. As cidades de São Paulo e Belo Horizonte, por exemplo, reciclam os RCC e um dos usos é como base para pavimentação de ruas; em Salvador, 22% dos RCC é de solo e areia, material com alto potencial para reciclagem; e em Goiás, 60% dos RCC podem ser reutilizados (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Quadro 5 – Normas ABNT que tratam da reciclagem de Resíduos da Construção Civil

Número	Título	Objetivo
15114:2004	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.
15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos	Estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

Fonte: ABNT (2019).

Córdoba (2010) e Brasileiro e Matos (2015) ressaltam a importância da reutilização e reciclagem de RCC para a sustentabilidade do setor. A reciclagem contribui para a redução da extração de recursos naturais não renováveis, para a ampliação da vida útil dos aterros, para a redução nos custos de gerenciamento do resíduo e, conseqüentemente, gera benefícios econômicos e ambientais para os municípios onde esta prática é utilizada (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Além disso, Brasileiro e Matos (2015) apontam que os RCC podem servir de matéria-prima na fabricação de tijolos, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento, misturas asfálticas a quente, camadas drenantes, etc. Os autores concluem que há muita desconfiança por parte dos construtores e dos clientes sobre a reutilização dos RCC, principalmente em relação ao seu desempenho, e sugerem políticas e campanhas de

conscientização e a criação de controles de qualidade para reduzir a variabilidade e assegurar o desempenho.

Dados de 2008 da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010) indicam que, no Brasil, 72,44% dos municípios possuíam serviço de manejo dos RCC. Deste montante, 3,07% realizavam triagem simples dos RCC reaproveitáveis das classes A e B e 1,95% reaproveitavam os agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos. Por região, 81,09% dos municípios do Nordeste possuíam serviço de manejo dos RCC, seguido pelo Centro-Oeste (80,04%), Sudeste (76,25%), Norte (65,25%) e Sul (53,78%).

3.3.7 Resíduos Agrossilvopastoris

Segundo a PNRS (BRASIL, 2010b), são os resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades. O IPEA divide este setor em dois grupos: orgânicos (agricultura, pecuária, silvicultura e agroindústrias associadas) e inorgânicos (embalagens de agrotóxicos, fertilizantes e insumos farmacêuticos veterinários, além de resíduos sólidos domésticos da área rural) (IPEA, 2012a; IPEA, 2013b).

A Lei que dispõe sobre a política agrícola e que prevê o aproveitamento dos resíduos na agricultura é a Lei nº 8.171/1991, conhecida como Lei Agrícola, que “fixa os fundamentos, define os objetivos e as competências institucionais, prevê os recursos e estabelece as ações e instrumentos da política agrícola, relativamente às atividades agropecuárias, agroindustriais e de planejamento das atividades pesqueira e florestal” (BRASIL, 1991, Art. 1º).

O diagnóstico realizado pelo IPEA em 2012 para os resíduos agrossilvopastoris orgânicos (IPEA, 2012a) não considerou aqueles gerados nas áreas de cultivo e colheita da produção em campo, pois não foram encontrados estudos com dados consistentes. Foram consideradas 13 culturas, seis temporárias (soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, arroz e trigo) e sete permanentes (café, cacau, banana, laranja, coco-da-baía, castanha de caju e uva), com geração total de resíduos sólidos estimada em 291 milhões de toneladas por ano. Estes resíduos podem ser aproveitados para adubação, para produção de fertilizantes, para a geração de energia e, em alguns casos, para alimentação humana e animal.

Dentre as culturas analisadas, os resíduos da cana-de-açúcar (torta de filtro e bagaço) foram responsáveis por 69,2% do total dos resíduos gerados, seguido pelos resíduos da soja (14,4%), do milho (10%) e da laranja (3%). Porém, como os dados utilizados neste documento datam de 2009, optou-se por aplicar o percentual residual apresentado pelo IPEA (2012a), por cultura, aos dados preliminares do Censo Agropecuário 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2018a), visando o levantamento de dados mais recentes, apresentados na Tabela 1. As proporções de geração de resíduos estão próximas às de 2009: 73,5% para resíduos de cana-de-açúcar (bagaço e torta de filtro), 12% de soja, 10% de milho e 1,5% de laranja.

As principais criações no Brasil são de galos, frangos, frangas e pintos (de corte), galinhas (para produção de ovos para consumo humano), bovinos (de corte e de leite) e suínos (de corte). O IPEA (2012a) destaca que o crescente aumento da produção agropecuária gera um agravamento dos impactos ambientais e destaca que a quantidade de dejetos gerada pelas criações é um desafio para o setor. A média de dejetos por animal vivo, em quilograma por dia (kg/dia), é de 0,085 para frango de corte, 0,064 para galinha, 0,086 para gado de leite, 0,058 para gado de corte e 0,084 para suíno. A quantidade de dejetos gerados por estas criações, em 2009, foi de 1,7 bilhões de toneladas, sendo cerca de 365 milhões (21%) aproveitáveis para biodigestão.

Tabela 1 – Dados preliminares das principais culturas brasileiras em 2017 e montantes estimados de resíduos gerados em seus processamentos

Cultura	Produção total preliminar (t)	Fator residual (%)	Resíduos gerados (t)
Arroz	11.615.634	20	2.323.127
Banana *	145.723	50	72.862
Cacau	154.685	38	58.780
Café	2.505.877	50	1.252.939
Cana-de-açúcar (bagaço e torta de filtro)	638.064.292	30	191.419.288
Castanha-de-caju *	86.431	73	63.095
Coco-da-baía *	671.389	60	402.833
Feijão	2.232.325	53	1.183.132
Laranja *	13.144.616	50	6.572.308
Milho	90.822.485	58	52.677.041
Soja	103.739.460	73	75.729.806
Trigo	5.146.718	60	3.088.031
Uva *	538.115	40	215.246

* Considerada a produção industrializada preliminar

Fonte: Adaptado de IPEA (2012a) e IBGE (2018a).

As indústrias primárias do setor pecuário fazem o abate, processamento e embalagem da carne e leite. Os abatedouros ou matadouros produzem carnes com ossos (carcaças), carnes desossadas (cortes de açougue) e vísceras comestíveis. Os resíduos gerados são sangue, gorduras, pelo/crina, couro/pele, ossos, excrementos, substâncias estomacais dos animais, resíduos derivados da fabricação de embutidos e da lavagem de pisos, equipamentos e utensílios. Nos abatedouros de frangos os resíduos gerados são penas, vísceras cruas, cabeças, pés, peles, gordura, ossos, restos de carcaças, sangue, borra do flotor e efluente líquido. As graxarias processam subprodutos e/ou resíduos dos abatedouros, frigoríficos e açougues para a produção

de farinhas ricas em proteína, de sebos e de gorduras e minerais. A maior quantidade dos resíduos das graxarias é de efluentes e as outras perdas residuais são reincorporadas no processo. No processamento do leite e derivados, o principal resíduo também é de efluente com elevada carga orgânica, constituída basicamente de leite.

Em 2009 foram abatidos cerca de 4.7 bilhões de aves; 30 milhões de suínos; e 28 milhões de gado de corte. A estimativa de resíduos gerados em abatedouros com potencial de serem processados em graxarias foi de 8.8 bilhões de toneladas; o total de resíduos sólidos potencialmente aproveitáveis para geração de energia foi cerca de 1.7 milhões de toneladas; e o total de efluentes gerados foi cerca de 121 milhões em cada mil litros.

Os resíduos da silvicultura são compostos pelos resíduos florestais, gerados na colheita florestal e no processamento mecânico da madeira, e pelos resíduos da produção de papel e celulose. A estimativa do total de resíduos, com dados de 2009, foi de 38.5 milhões de toneladas/ano de resíduos florestais e 10 milhões de toneladas/ano de resíduos de papel e celulose. Estes resíduos possuem alto potencial energético e, no caso dos resíduos de papel e celulose, o licor negro já é utilizado para co-geração de energia nas indústrias (IPEA, 2012a).

A manutenção dos resíduos florestais no sítio de cultura tem sido fortemente incentivada devido ao potencial do seu aproveitamento como fonte de energia e para mudanças do sistema de colheita (IPEF, 2017). Pincelli, Moura e Brito (2017) reforçam esta informação por meio de um estudo de quantificação dos resíduos da colheita em florestas de eucalipto e pinus. Os dados indicam que os resíduos são compostos de madeira com casca (75%) e frações como cascas soltas, folhas ou acículas e demais materiais finos (25%). Os resíduos lenhosos possuem potencial energético e os demais resíduos, se mantidos em solo, favorecem a ciclagem de nutrientes. Os autores ainda pontuam que além da importância no uso energético de biomassa renovável, incluindo os resíduos da colheita florestal, sua abundância, facilidade e provisionamento e baixo custo, representam uma oportunidade de reserva estratégica de bioenergia no país (PINCELLI; MOURA; BRITO, 2017).

Quanto aos resíduos agrossilvopastoris inorgânicos compostos pelas embalagens de agrotóxicos, fertilizantes e insumos farmacêuticos veterinários, além de resíduos sólidos domésticos da área rural, o IPEA (2013b) afirma que a legislação e ações que gerem o setor de embalagens de agrotóxicos, apresentadas na seção de Produtos Sujeitos à Logística Reversa pela PNRS, são eficazes mas, em contrapartida, a ausência de informações oficiais sistematizadas dificultaram a elaboração do diagnóstico dos demais resíduos.

Dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) (ANDA, 2019) indicam que, em 2018, 35.5 milhões de toneladas de fertilizantes foram entregues ao mercado; 8.1 milhões de toneladas de fertilizantes intermediários foram produzidos no Brasil e 27.5 milhões de toneladas foram importados. O IPEA (2013b), baseado no consumo de fertilizantes em 2009, na distribuição das propriedades e na área dos estabelecimentos, estimou que em média são

utilizados 74 kg de fertilizante por hectare e consumidas 64.2 milhões de embalagens. No entanto, consideram esta estimativa subestimada e chamam atenção para a gravidade do descarte inadequado das embalagens.

Em 2017, a Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (Abisolo) anunciou, durante o VII Fórum e Exposição Abisolo (ABISOLO, 2017), o projeto piloto para destinação ambientalmente adequada para as embalagens de fertilizantes em parceria com o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV). As unidades do inpEV de Ponta Grossa/PR, Rondonópolis/MT e Patrocínio/MG receberiam as embalagens de fertilizantes foliares, organominerais, orgânicos, substratos para plantas e condicionadores de solo para logística reversa até fevereiro de 2018 (INPEV, 2017). No entanto, não foram encontradas mais informações sobre este projeto na Abisolo nem no inpEV.

Segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal (SINDAN) (SINDAN, 2018), o Brasil possui mais de 80 laboratórios responsáveis por mais de 90% da produção e comercialização de produtos para saúde animal no país, ocupando 5% do mercado global de produtos veterinários. A maior demanda é para ruminantes (55,2%), seguido de animais de companhia (18,5%), avicultura (13,2%), suinocultura (10,9%) e outras espécies (2,2%). Quanto aos segmentos de negócios, os fármacos participam com 64,5%, as vacinas (produtos biológicos) 23,3% e os suplementos 12,2%.

O IPEA (2013b) ressalta que praguicidas de uso veterinário e de uso agrícola possuem semelhanças químicas e/ou estruturais e, portanto, deveriam receber atenção semelhante aos agrotóxicos, inclusive em relação a destinação ambientalmente correta das suas embalagens vazias. Em pesquisa ao *site* do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2019), órgão responsável pela estrutura legal dos produtos de uso veterinário no Brasil, não foram encontradas informações sobre a destinação das embalagens vazias de insumos farmacêuticos veterinários.

Quanto aos resíduos sólidos na zona rural, além de esgoto e lixo doméstico, são compostos por embalagens de agrotóxicos e fertilizantes, insumos veterinários, resíduos da construção civil, esterco de animais, entre outros. No entanto, devido à proximidade dos centros urbanos e mudanças nos hábitos de consumo, estes resíduos se assemelham aos resíduos sólidos urbanos (IPEA, 2013b).

O manejo dos resíduos sólidos é um serviço público de saneamento básico e o atendimento da população rural dispersa, segundo o Art. 48 da Lei do Saneamento Básico (BRASIL, 2007), deve ser garantido, mesmo que sejam necessárias soluções compatíveis com as características econômicas e sociais dessa população. Embora os resíduos sólidos domésticos na zona rural não sejam diretamente abordados na PNRS (BRASIL, 2010b), em seu Art. 10, o Distrito Federal e Municípios são incumbidos pela gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos seus territórios, o que inclui a zona rural. No entanto, dados de 2015 (IBGE, 2015) a respeito da

destinação dos resíduos sólidos em domicílios particulares permanentes, apontam que somente 33,9% dos resíduos sólidos dos domicílios rurais são coletados, 62% são queimados ou enterrados na propriedade, 3,4% jogados em terreno baldio, 0,1% lançados em rios, lago ou mar e 0,5% utilizam outros meios de descarte.

3.3.8 Resíduos de Serviços de Transportes

Segundo a PNRS (BRASIL, 2010b), os RST são os resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira. Como a PNRS determina que os responsáveis pelos terminais e outras instalações supracitadas e as empresas de transporte - caso estabelecido pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente ou pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária - devem elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos contemplando o diagnóstico dos RST e todas as etapas do gerenciamento, incluindo a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

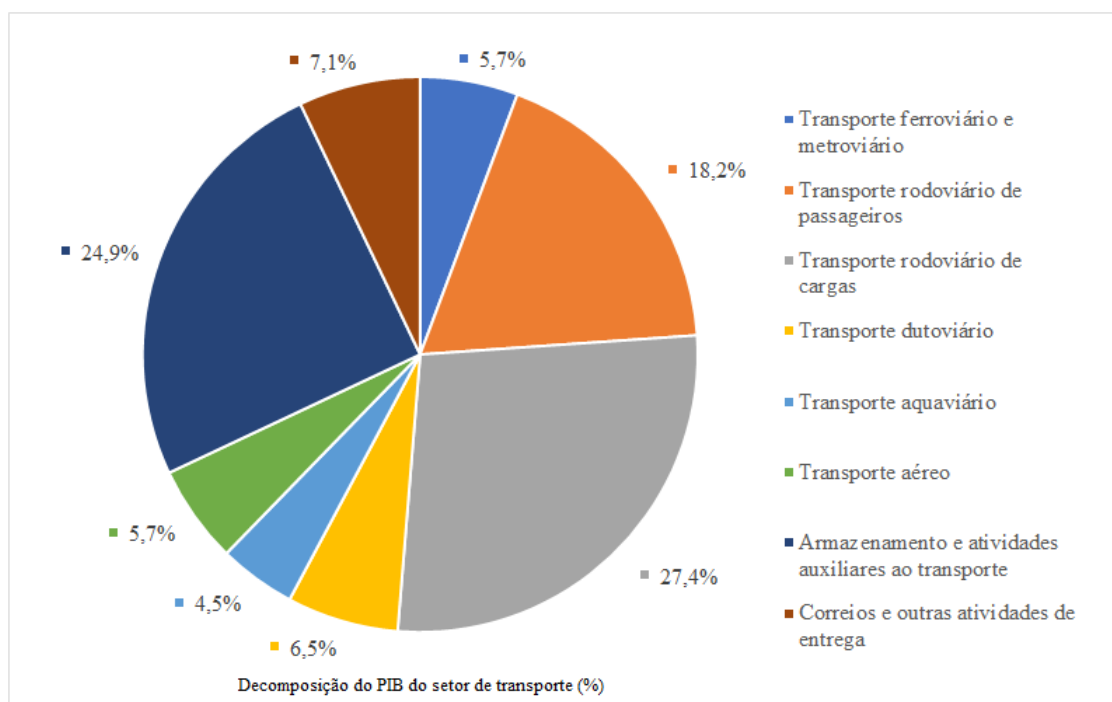
A atividade de exploração da infraestrutura ferroviária e rodoviária federal e da atividade de prestação de serviços de transporte terrestre são reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), instituída pela Lei nº 10.233/2001. Esta mesma Lei também criou a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) para regular prestação de serviços de transporte e a exploração da infraestrutura aquaviária e portuária. As atividades da aviação civil e da infraestrutura aeronáutica e aeroportuária são reguladas e fiscalizadas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), criada pela Lei nº 11.182/2005. Já Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), criada pela Lei nº 5.862/1972, tem a finalidade de implantar, administrar, operar e explorar, industrial e comercialmente, a infraestrutura aeroportuária.

A Confederação Nacional do Transporte (CNT) divide o setor em três segmentos: terrestre (ferroviário e metroviário; rodoviário de passageiros; rodoviário de cargas; e dutoviário), aéreo e aquático (longo curso; cabotagem; e navegação interior, apoio marítimo e portuário). A Figura 21 apresenta a decomposição do Produto Interno Bruto (PIB) do setor de transporte, armazenagem e correio referentes a 2016. A região Sudeste foi responsável por 59,6% do montante, seguida da região Sul (16,6%), Nordeste (12%), Centro-Oeste (7,9%) e Norte (3,9%) (CNT, 2019).

A frota nacional de veículos com placa, até maio de 2019, era de 102.349.866 unidades, sendo 52,4% automóveis, 22,2% motocicletas, 7,5% caminhonetes, 4,3% motonetas, 3,4% camionetas, 2,7% , 1,6% reboque, 1% semi-reboque, 0,7% caminhão trator, 0,6% ônibus e demais veículos com representatividade abaixo de 0,5% cada (DENATRAN, 2019).

Em 2012, o Brasil possuía cerca de 9 milhões de carros e 400 mil caminhões sucateados que, em geral, estavam nos pátios de seguradoras ou departamentos de trânsito (IPEA, 2012b). Segundo Iunes, Filho e Cavalcanti (2015), a cada ano são geradas 4 milhões de toneladas de sucata (automóveis, motocicletas, caminhões, ônibus, máquinas de diferentes tipos, aviões, trens e navios).

Figura 21 – Decomposição do PIB do setor de transporte, armazenagem e correio em 2016



Fonte: Adaptado de CNT (2019).

As sucatas ferrosas são 100% recicláveis e já são utilizadas na produção de aço no Brasil, mas em pequena proporção; os pneus estão sujeitos a logística reversa; e os para-brisas podem ser reciclados e utilizados na produção de garrafas, tintas, lâ de vidro, jateamento, entre outras utilidades. Os veículos sucateados podem contaminar o solo e o lençol freático, contribuir para a proliferação de doenças, desvalorizar o entorno e depreciar as condições de trabalho no local (IPEA, 2012b).

Soma-se a isso o fato de os veículos transportadores terrestres serem grandes geradores de resíduos devido às atividades de carga e descarga de materiais, embarque e desembarque de pessoas e limpeza dos veículos. Estes veículos também transportam resíduos gerados em indústrias e estabelecimentos comerciais que podem ser considerados perigosos. Neste caso, devem ser seguidos os procedimentos do Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos estabelecido pela Resolução Resolução ANTT nº. 3665/11, atualizada pela Resolução ANTT nº 5.848/19, que entrará em vigor em dezembro de 2019 (IPEA, 2012b).

A Lei nº 12.997/2014 (BRASIL, 2014), que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, determina que no processo de desmontagem, as peças que não forem destinadas à reposição deverão ser destinadas como sucata ou terão outra destinação final. O Art. 17 determina que o atendimento do disposto nesta Lei não desobriga o empresário individual ou sociedade empresária do “cumprimento das normas de natureza diversa aplicáveis e a sujeição às sanções decorrentes, inclusive no tocante a tratamento de resíduos e rejeitos dos veículos desmontados ou destruídos”, no entanto não são definidas diretrizes quanto

ao tratamento nem destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

No diagnóstico dos RST terrestres, o IPEA (2012b) apresentou o estudo de caso da Ferrovia Centro-Atlântica como referência de boas práticas no gerenciamento deste tipo de resíduo. O dormente (peças de madeira utilizadas para assentar os trilhos das ferrovias) é doado aos proprietários de terras que fazem limite com as faixas de domínio da ferrovia para que mantenham a cerca de divisa em boas condições e com o compromisso de que não haja queima do dormente; as embalagens de herbicidas, utilizados para manter as vias férreas sem ervas, são destinadas aos postos de coleta da inPEV após tríplex lavagem e perfuração; a sucata metálica é vendida para reciclagem; os resíduos classe I como borras oleosas, borrachas não cloradas, lastro contaminado, borras de tintas, entre outros, são enviadas para coprocessamento.

Segundo o Anuário do Transporte Aéreo publicado pela ANAC, em 2017 foram realizados 940 mil voos por empresas brasileiras e estrangeiras, tanto para operações domésticas (85%) como internacionais (15%). Foram transportados mais de 112,5 milhões de passageiros pagos (80% em voos domésticos e 20% internacionais), representando um aumento de 2,6% em relação a 2016; 1,2 milhões de toneladas de carga paga e correio transportados, representando alta de 8,7% em relação ao ano anterior. A principal receita de serviços aéreos públicos foi obtida com transporte de passageiros (84,7%), seguida da receita com carga e mala postal (6,8%). Nos custos e despesas operacionais, a maior participação foi com combustíveis e lubrificantes (27,5%), seguidos de custos com seguro, arrendamento e manutenção das aeronaves (20,3%) (ANAC, 2018).

Em uma aeronave, estima-se que a geração de resíduos por viagem seja de, em média, 300 gramas por passageiro. Os resíduos encontrados no pátio de manobra de aeronaves são chamados de *foreign object damage* e são constituídos de etiquetas de bagagens, fragmentos metálicos, copos plásticos, aves mortas devido ao choque com as aeronaves, entre outros.

O total de cargas movimentadas em portos brasileiros em 2018 foi de 1,12 milhões de toneladas, representando uma alta de 2,7% em relação ao ano anterior. Deste montante, 64% foram de granel sólido, 21% granel líquido, 10% contêineres e 5% de carga geral solta. As principais mercadorias transportadas foram minério de ferro (36,4%), sendo 96% longo curso, 3,2% cabotagem e 0,8% interior; combustíveis (18,2%), sendo 68,5% cabotagem, 28% longo curso e 3,5% interior; contêineres (10,1%), sendo 74,3% longo curso, 24,8% cabotagem e 0,9% interior; e soja (9,1%), sendo 81,4% longo curso e 18,6% interior (ANTAQ, 2019). Os resíduos gerados em embarcações devem-se

às atividades de limpeza e conservação dos ambientes interno e externo, tais como resíduos orgânicos (alimentos e sanitários), resíduos de serviço de saúde (medicamentos, curativos), resíduos sólidos recicláveis (embalagens de medicamentos, material descartável), resíduos provenientes de limpeza (produtos químicos e de controle de pragas) e resíduos de manutenção referentes ao reparo de peças e de equipamentos (materiais sujos com óleos, estopas, papelão, entre outros) (IPEA, 2013a, 20).

Devido à demanda internacional, o sistema de transporte aquaviário no Brasil possui regulamentações relativas à poluição (por óleo, por substâncias nocivas transportadas e por alijamento de resíduos no mar) e à segurança da navegação (portos de refúgio, porão e equipamentos de comunicação) (IPEA, 2013a).

3.3.9 Resíduos de Mineração

A PNRS define os resíduos da mineração como aqueles gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (BRASIL, 2010b). O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) conceitua a mineração como um “conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar ou beneficiar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benefícios econômicos e sociais” (IBRAM, 2016). O setor mineral representa 13% das exportações totais do Brasil, 30,5% do saldo comercial, 1,4% do PIB do país e emprega cerca de 180 mil trabalhadores (IBRAM, 2018).

Nos resíduos de mineração encontram-se o estéril, o rejeito e demais resíduos como efluentes das estações de tratamento, pneus, baterias utilizadas em veículos e máquinas, sucatas e óleo em geral, que são caracterizados como resíduos industriais. Os estéreis são resíduos sólidos de extração deixados na própria mina e reaproveitados; e os rejeitos são frações do mineral bruto desprezadas no beneficiamento por meio de processos mecânicos e/ou químicos (CARVALHO et al., 2018). No entanto, o IBRAM (2016) destaca uma dissonância conceitual sobre rejeito apresentado na PNRS, pois o rejeito da mineração poderá tornar-se a mineração futura, enquanto na PNRS (BRASIL, 2010b), rejeitos são resíduos sólidos que não podem ser tratados nem recuperados e a única possibilidade é a disposição final ambientalmente adequada. De modo geral, os resíduos de mineração podem ser

pilhas de minérios pobres, estéreis, rochas, sedimentos, solos, aparas e lamas das serrarias de mármore e granito, as polpas de decantação de efluentes, as sobras da mineração artesanal de pedras preciosas e semipreciosas – principalmente em região de garimpos – e finos e ultrafinos não aproveitados no beneficiamento (IBRAM, 2016, p. 13).

Até 2010, as normas NBR 13028:2017 e NBR 13029:2017 (Quadro 6), atualmente na sua terceira edição, determinavam as atividades do setor de mineração em relação a projetos de disposição de resíduos. Com a PNRS (BRASIL, 2010b) e a Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010c), que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), foram estabelecidos critérios técnicos de segurança e de prevenção de riscos e impactos ambientais para o setor (IBRAM, 2016).

Quanto à disposição, os estéreis são normalmente mantidos na mina e ficam dispostos em pilhas ou utilizados para preencher cavas exauridas e recuperar voçorocas. Segundo o IBRAM

(2016), o principal impacto do volume do estéril é a alteração física da paisagem da mina. Carvalho et al. (2018) pontuam que as formações geológicas brasileiras favorecem para que o volume de estéril gerado seja baixo quando comparado com outros países produtores mas, ainda assim, destacam que o volume é muito alto, correspondendo, em 2014, a de cerca de 230 milhões de m^3 .

Quadro 6 – Normas ABNT que tratam da disposição de resíduos de mineração

Número	Título	Objetivo
13028:2017	Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água - Requisitos	Especifica os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, incluindo as barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos gerados por erosão e reservação de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente..
13029:2017	Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha	Especifica os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de pilha para disposição de estéril gerado por lavra de mina a céu aberto ou de mina subterrânea, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economia e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

Fonte:ABNT (2019).

Os rejeitos podem ser dispostos em minas subterrâneas, em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco, por disposição em pasta e em barragens de contenção. A definição de qual método utilizar depende da natureza do processo de mineração, das condições geológicas, topológicas e climáticas da região, das propriedades mecânicas dos materiais, do poder de impacto ambiental dos rejeitos. No entanto, no Brasil, o método mais comum para disposição dos rejeitos são os reservatórios criados por diques de contenção ou barragens que podem ser de solo natural ou construídos com os próprios rejeitos (IBRAM, 2016; CARVALHO et al., 2018).

As barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores por categoria de risco e por dano potencial; e a Agência Nacional de Mineração (ANM) utiliza uma matriz de classificação de categoria de risco e dano potencial associado (Quadro 7), definida pela Portaria DNPM nº 70.389/2017 (DNPM, 2017), para estabelecer a necessidade de elaboração do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, a periodicidade das Inspeções de Segurança Regular, as situações em que devem ser realizadas obrigatoriamente a Inspeção de Segurança Especial, e a periodicidade da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

A categoria de risco (alto, médio ou baixo) é definida pelos fiscalizadores em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem; e o dano potencial (alto, médio ou baixo) em função do potencial

de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem; e pelo seu volume (BRASIL, 2010c).

Quadro 7 – Matriz de classificação de categoria de risco e dano potencial associado

Categoria de risco	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

Fonte: DNPM (2017).

Cabe aos agentes fiscalizadores o dever de manter o cadastro das barragens sob sua jurisdição e exigir que o empreendedor cadastre e atualize as informações relativas à barragem do SNISB (BRASIL, 2010c). Dados de fevereiro de 2019 da ANM (ANM, 2019), indicam que o Brasil possui 769 barragens, sendo que 344 não estão inseridas na PNSB por não se enquadrarem nas características descritas no Art. 1º, a saber:

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a $3.000.000m^3$ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º (BRASIL, 2010c)

Das 425 barragens inseridas na PNSB, quanto ao dano potencial associado, 51,5% estão classificadas como alto, 37% médio e 11,5% baixo. Quanto a categoria de risco, 0,5% como alto, 14,3% médio e 85,2% baixo. Quanto ao porte pelo volume, 63% como muito pequeno, 24% pequeno, 9% médio, 1% grande e 2% muito grande. Quanto à classe, 0,5% como A, 51% B, 37% C, 2,1% D e 9,4% E. A Figura 22 apresenta a distribuição de barragens, por classe, pelo país. A maioria das barragens está em Minas Gerais (51,5%), seguida do Pará (16,2%), Mato Grosso (8,5%) e São Paulo (5,4%) (ANM, 2019).

Os impactos ambientais e os riscos associados às barragens de rejeitos e depósitos de estéril, tanto pelo volume de resíduos quanto pela movimentação da carga, são os mais significativos na indústria de mineração (IBRAM, 2016; CARVALHO et al., 2018). Diante disso, Carvalho et al. (2018) pontuam que o setor precisará buscar soluções para a redução da geração de rejeitos, do consumo de água utilizada na produção, no volume de material movimentado da mina e de resíduos, dos riscos decorrentes do beneficiamento e da disposição de rejeitos, dos

impactos da mina e, além disso, melhorar a satisfação social decorrente das operações mineiras. Os autores pontuam que as mineradoras, em nível global, estão investindo em recuperação e reaproveitamento de resíduos; em tecnologias de baixo risco ambiental para disposição de resíduos; no monitoramento e controle de barragens e riscos ambientais mais eficazes; e desde a redução até a eliminação da água utilizada nos processos.

Figura 22 – Barragens de mineração inseridas na PNSB - Data Base 02/2019



Fonte: ANM (2019).

O IBRAM (2016) também destaca a necessidade de esforços do setor para redução da geração de rejeitos e ressalta que o conhecimento geológico mais detalhado do território é fundamental para esta diminuição, uma vez que resultará em projetos mais eficientes em termos de aproveitamento dos minérios extraídos. Em consonância com a questão social levantada por Carvalho et al. (2018), o último Relatório de Anual de Atividades do IBRAM (IBRAM, 2018) destacou que uma pesquisa realizada com a imprensa, poder público e entidades visando avaliar a reputação do setor para com estes públicos, indicou a necessidade de reforçar a imagem do setor mineral como fundamental para o desenvolvimento do país.

Carvalho et al. (2018, p. 372) destacam como alternativa tecnológica a “filtragem para obtenção de tortas derivadas das lamas, que poderiam ser misturadas à torta de rejeitos granulados, gerando um material com mais baixa umidade”. Silva et al. (2017), por meio de uma revisão bibliográfica em âmbito nacional de trabalhos publicados entre 2011 e 2016, concluíram que as

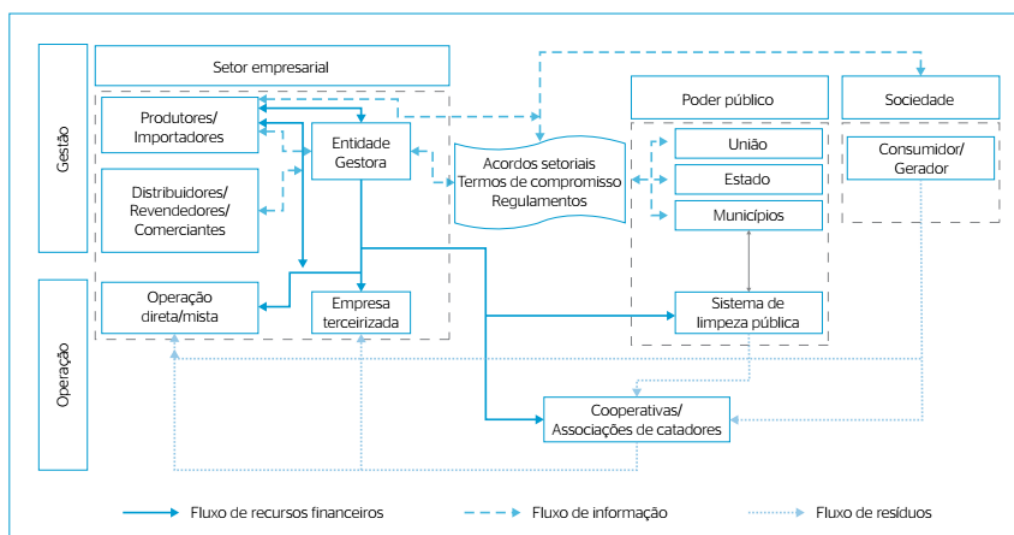
principais aplicações para o aproveitamento de rejeitos da mineração são no setor da construção civil (89%) para a fabricação de cerâmica vermelha e no emprego de concreto; e somente 11% dos estudos indicaram aplicação na agricultura. Também com foco na construção civil, Carvalho et al. (2018) pontuam que a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais possui tecnologia para transformação de rejeito e estéreis de mineração de ferro, bauxita, fosfato e calcário em produtos como cimento, areia e pigmentos.

3.3.10 Produtos Sujeitos à Logística Reversa pela PNRS

Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos sujeitos à logística reversa são obrigados a “estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos” (BRASIL, 2010b, Art.33). O Decreto nº 9.177/2017 (BRASIL, 2017) regulamenta o Art. 33 da PNRS visando assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações supracitadas. A inter-relação do sistema de logística reversa com seus diversos atores está representado na Figura 23 e, segundo a PNRS, é um

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010b, Inciso XII do Art. 2º)

Figura 23 – Inter-relação entre os atores que compõem os sistemas de logística reversa



Fonte: Couto e Lange (2017, p. 891).

Couto e Lange (2017) analisaram Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica elaborados para subsidiar a implantação de novos sistemas de logística reversa e identificaram uma

variedade de desafios que os setores produtivos enfrentam ou esperam enfrentar na sua implementação. Quanto aos aspectos políticos e legais, os autores pontuam que até a implementação da PNRS em 2010 (BRASIL, 2010b), os sistemas de logística reversa em funcionamento eram referentes às embalagens de agrotóxicos, pneus inservíveis, óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) e pilhas e baterias. O Governo Federal está tratando os casos de embalagens em geral e medicamentos inservíveis como prioritários para implantação de logística reversa devido ao impacto à saúde pública e ao meio ambiente gerados por seus resíduos (COUTO; LANGE, 2017).

O Acordo Setorial para embalagens plásticas de óleos lubrificantes foi assinado em 2012; para lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista em 2014; para embalagens em geral em 2015; e para eletroeletrônicos em 2019. Em 2018, foi assinado o Termo de Compromisso para embalagens de aço e, desde 2019, a minuta final do Decreto sobre medicamentos está em elaboração (SINIR, 2020).

Quanto aos aspectos operacionais, Couto e Lange (2017) destacam que existe um elevado grau de inovação nos sistemas de logística reversa cuja gestão segue uma governança onde o setor empresarial é representado por uma entidade gestora e o setor público atua como regulamentador e fiscalizador. No entanto, os autores destacam que os municípios de pequeno porte não são atendidos pelos sistemas de logística reversa, uma vez que os pontos de entrega voluntária (PEV) são prioritariamente instalados em cidades de maior porte, necessitando, portanto, de ampliação da área de cobertura e abrangência. Já quanto aos aspectos sociais, os autores destacam a necessidade de capacitação da mão de obra de gestão e operação do sistema, a sensibilização da população por meio de educação ambiental e a orientação para mudança de cultura do consumidor e do comerciante, tanto no manuseio como na segregação adequada.

3.3.10.1 Agrotóxicos

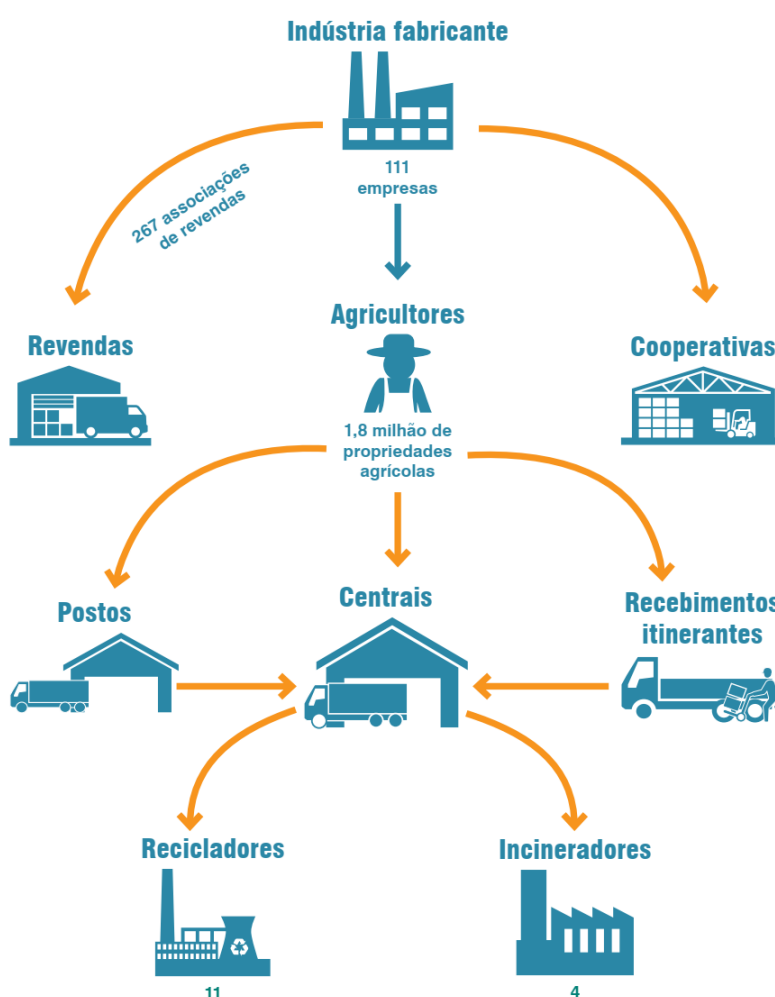
O sistema de logística reversa de embalagens de agrotóxicos é anterior à PNRS (BRASIL, 2010b) e segue a Lei dos Agrotóxicos (BRASIL, 1989b), alterada pela Lei nº 9.974/2000 e posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002, e a Resolução Conama nº 465/2014, que revogou a Resolução Conama nº 334/2003.

Dentre as alterações na Lei dos Agrotóxicos (BRASIL, 1989b), destaca-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida das embalagens de agrotóxicos: as embalagens devem ser projetadas e fabricadas para que não haja vazamento, evaporação, perda ou alteração do conteúdo e de modo a facilitar as operações de lavagem, classificação, reutilização e reciclagem; os usuários deverão devolver as embalagens vazias aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridas; as empresas produtoras e comercializadoras serão responsáveis pela destinação das embalagens vazias dos produtos por elas fabricados e comercializados; o Poder Público deve fiscalizar a devolução e destinação adequadas das embalagens vazias apreendidas ou impróprias

para utilização ou desuso assim como seu armazenamento, transporte, reciclagem, reutilização ou inutilização; e as empresas produtoras e comercializadoras, em colaboração com o Poder Público, devem implementar programas educativos e incentivar os usuários na devolução das embalagens dentro do prazo estabelecido pela Lei.

Para atender às determinações desta Lei, os fabricantes de defensivos agrícolas criaram o inPEV, que entrou em funcionamento em 2002, com o objetivo de operacionalizar a logística reversa das embalagens de agrotóxicos em todo o país por meio Sistema Campo Limpo, cujo fluxo de operação está apresentado na Figura 24 (INPEV, 2018).

Figura 24 – Fluxo de operação do Sistema Campo Limpo para logística reversa de embalagens de agrotóxicos



Fonte: inPEV (2018).

O Sistema Campo Limpo possui 110 centrais e 301 postos de recebimentos de embalagens vazias; 103 centrais e 101 postos aptos para o recebimento de sobras pós-consumo de defensivos agrícolas; mais de 14 mil participantes do curso Educação a Distância do Sistema Campo Limpo ministrado por meio de plataforma *online*; e 230 mil alunos participantes do Programa de Educação Ambiental Campo Limpo.

Segundo o Relatório de Sustentabilidade do inPEV (INPEV, 2018), em 2018, 93% do material proveniente das embalagens passíveis de reciclagem recebidas pelo Sistema Campo Limpo retornou ao ciclo produtivo como matéria-prima e foram destinadas 44,3 mil toneladas de embalagens vazias (92% recicladas e 8% incineradas) e 99,8 toneladas de embalagens com sobras pós-consumo (100% incineradas). As embalagens com sobras pós-consumo são classificadas como resíduos perigosos (classe I) pela NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004a).

3.3.10.2 Eletroeletrônicos

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são equipamentos, parte e peças, cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, que chegaram ao final de sua vida útil. O REEE é classificado como perigoso, conforme NBR 10.004:2004, se sua composição for desconhecida ou se, em função de suas propriedades físicas ou químicas, apresente risco à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente (ABNT, 2013).

Ao contrário do que acontece nos países desenvolvidos, a implementação da logística reversa para REEE está em estágio preliminar nos países emergentes. Demajorovic, Augusto e Souza (2016) entrevistaram um total de 21 *stakeholders* envolvendo especialistas na PNRS (2), fabricantes de computadores e celulares (5), representantes do comércio varejista (2), empresas de reciclagem de REEE (3), associações de classe empresarial (2), cooperativas de catadores (2), representantes da academia (2) e representantes do governo federal (1), estadual (1) e municipal (2) com o objetivo de discutir os desafios e oportunidades para a implementação da logística reversa de computadores e celulares no Brasil. Os autores identificaram que a principal dificuldade está na divisão de custos - com destaque para o transporte devido às dimensões continentais do país e ineficácia da malha viária - e responsabilidades: o setor privado reclama a definição de papéis e a falta de políticas de incentivo para implantação e o governo acusa o setor privado por valorizar os desafios como forma de postergar o cumprimento do seu papel definido na PNRS. Além disso, os autores identificaram a falta de capacitação para os recicladores para que, devido a periculosidade de muitos componentes, o trabalho não ofereça risco à saúde humana nem ao meio ambiente, além de atender aos requisitos legais; pouca disponibilidade do setor empresarial em trabalhar em parceria com as cooperativas, pois os investimentos vão além de equipamentos; tecnologia de reciclagem disponível no Brasil que atende componentes de baixo valor agregado que desestimulam a reciclagem; e a falta de conscientização dos consumidores resultam no descarte incorreto de REEE.

Em outubro de 2018, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee) protocolou uma proposta de Acordo Setorial junto ao MMA para implementação do sistema de logística reversa para os REEE. Em julho de 2019, os representantes da Abinee, da Green Eletron, gestora para logística reversa de eletroeletrônicos, da Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (Abree), da Associação Nacional de Fabricantes de Produtos

Eletroeletrônicos (Eletros) e da Confederação Nacional do Comércio (CNC) se reuniram com o Ministro do Meio Ambiente e o secretário de Qualidade Ambiental com o objetivo de colocar em consulta pública o Acordo Setorial protocolado em 2018 (ABINEE, 2019). O Acordo Setorial foi assinado em outubro de 2019 e ficou definido que serão reciclados aparelhos eletroeletrônicos de uso domiciliar (GREEN ELETRON, 2019).

3.3.10.3 Lâmpadas

O Acordo Setorial para implementação do sistema de logística reversa de lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista foi assinado, em 2014, pelo MMA, pela Associação Brasileira da Indústria da Iluminação (ABILUX), pela Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI) e por 24 empresas fabricantes, importadoras, comerciantes e distribuidoras de lâmpadas. Para a implantação e operação deste sistema foi criada a Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação (Reciclus). Em 2017, foram disponibilizadas caixas receptoras de lâmpadas (Figura 25) em 33 cidades de 25 Estados, com um total de 304 pontos de coleta, representando cerca de 30% da população brasileira. Neste ano foram recolhidos 43.269,2 kg de lâmpadas (296.364 unidades: 65% compactas e 35% tubulares), sendo 61% na região Sudeste (88% no Estado de São Paulo), 32% na região Sul, 4% na Nordeste; e 3% na Centro-Oeste. O Acordo Setorial determina que para a cidade receber ponto de coleta é necessário ter densidade mínima de 250 hab./km² e população maior que 25.000 habitantes (RECICLUS, 2018).

Figura 25 – Caixa receptora de lâmpadas da Reciclus que possui capacidade de armazenamento de até 200 lâmpadas tubulares e 200 lâmpadas compactas



Fonte: Reciclus (2018).

Quando cheias, as caixas receptoras são recolhidas pelas transportadoras contratadas e encaminhadas para as empresas de reciclagem parceiras. De maneira simplificada, no processo de reciclagem as lâmpadas são desmontadas por máquinas onde ocorre o corte da parte metálica (destinados às indústrias que o aproveitam, como as de eletroeletrônicos) para separação do vidro (destinado às indústrias de cerâmica) e sequestro do mercúrio (destinado às indústrias fabricantes de termômetros, barômetros; e à institutos de pesquisa e laboratórios). O efluente da lavagem do vidro e do alumínio, que ocorre separadamente, é reprocessado para reúso (RECICLUS, 2018).

3.3.10.4 Óleos Lubrificantes

O óleo lubrificante é considerado um resíduo perigoso, segundo a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004a), por apresentar toxicidade e o descarte de OLUC em “solos, subsolos, nas águas interiores, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e nos sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais” é proibido (CONAMA, 2005b, Art. 12). O sistema de logística reversa de OLUC é anterior à PNRS (BRASIL, 2010b) e segue as determinações da Resolução Conama nº 362/2005 (CONAMA, 2005b), que revogou a Resolução nº 9/1993 e foi alterada pela Resolução nº 450, de 2012.

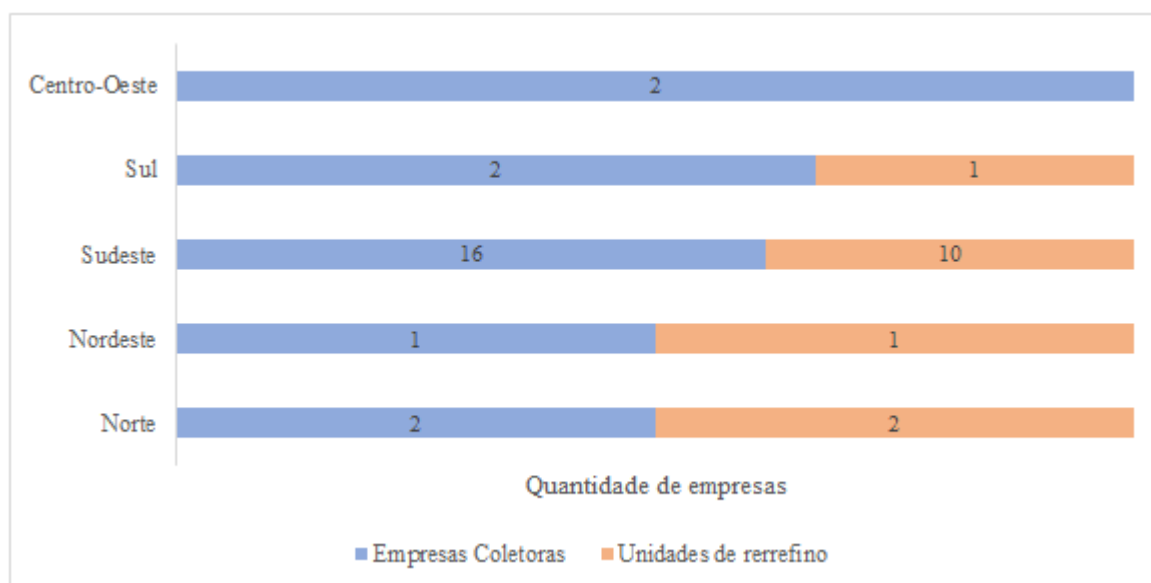
A Resolução Conama nº 362/2005 determina que todo OLUC deve ser coletado e destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino ou por outra tecnologia, determinada pelo órgão ambiental competente, desde que sua eficácia ambiental seja comprovada equivalente ou superior ao rerrefino. Caso esta destinação não seja viável, qualquer uso deste resíduo dependerá de licenciamento ambiental. Segundo o Art. 6º da Resolução, a coleta e destinação final do OLUC é responsabilidade do produtor e do importador e deverá ser proporcional ao volume total de óleo lubrificante acabado por eles comercializado conforme metas definidas pelos Ministérios de Meio Ambiente e de Minas e Energia. As demais obrigações dos produtores e importadores, dos revendedores, dos geradores, dos coletores, dos rerrefinadores e dos recicladores são apresentadas do Art. 17 ao 21, respectivamente (CONAMA, 2005b).

Segundo o Relatório Anual do Ministério do Meio Ambiente sobre a coleta de OLUC, publicado em 2018 com data base 2017 (MMA, 2018), a meta nacional mínima de 39,2% foi superada em 1,71%. Com exceção da região Norte, que apresentou queda no volume comercializado de óleo lubrificante e aumento no volume de OLUC coletado, as demais regiões obtiveram aumento tanto na comercialização quanto na coleta. A região Sudeste, que também conta a maior quantidade de empresas de rerrefino, coletou 49,70% do OLUC no Brasil, seguido da região Sul (19,66%), Nordeste (13,43%), Centro-Oeste (10,60%) e Norte (6,62%). A distribuição geográfica das 23 empresas autorizadas para coleta de OLUC e das 14 unidades de rerrefino está apresentada na Figura 26.

Embora a meta mínima de coleta do OLUC tenha sido cumprida, o documento destaca a necessidade de o crescimento do recolhimento ser superior ao crescimento da produção de

óleos lubrificantes novos; de buscar novas formas de aumentar a eficácia do sistema de logística reversa; e de conscientizar a população sobre o tema com o objetivo de reduzir a destinação de OLUC para usos ilegais. Por fim, o relatório destaca que 64 empresas fabricantes e importadoras de óleo lubrificante foram autuadas pelo IBAMA porque não atingiram os percentuais mínimos de coleta de OLUC e que foram lavrados nove autos de infração por falta de Cadastro Técnico Federal e mais quatro autos de infração para rerrefinadoras que apresentaram informações falsas (MMA, 2018).

Figura 26 – Distribuição geográfica das empresas coletoras e unidades de rerrefino de OLUC



Fonte: Adaptado de MMA (2018).

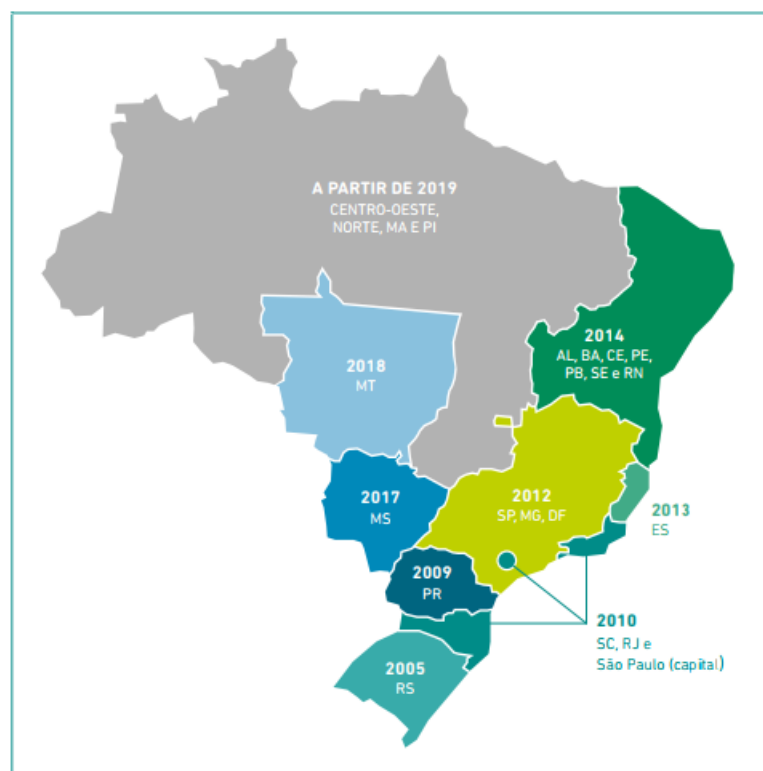
Quanto às embalagens de óleos lubrificantes, em 2005 entrou em operação o Programa Jogue Limpo, por iniciativa dos fabricantes de óleo lubrificantes associados ao Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes no Estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de realizar a logística reversa das embalagens plásticas de óleo lubrificante usadas. Desde a assinatura do Acordo Setorial em dezembro de 2013, o sistema atua com o Instituto Jogue Limpo e, segundo o Relatório de desempenho anual de 2018 (INSTITUTO JOGUE LIMPO, 2019), investiu R\$ 30.348.980,00 na operação do sistema e conta com 39 fabricantes e importadores associados, seis empregados próprios, 181 profissionais envolvidos nas operações, cinco operadores logísticos, 21 centrais de recebimento e uma frota de 60 caminhões.

Em 2018, foram recebidas 4.774 toneladas de embalagens (equivalente a 98.480.000 embalagens); 4.674 toneladas de embalagens foram destinadas de maneira ambientalmente correta, sendo 98% deste montante destinados à reciclagem; foram visitados 201.071 pontos geradores e 4.249 municípios; foram implementados 103 PEVs, totalizando 112 PEVs em operação em 16 estados. Dentre as metas para 2019, o Instituto destaca a inclusão de mais um Estado em sua área de abrangência, conforme pode ser observado na Figura 27, que mostra a

expansão geográfica e ano de início de atuação por Estado; implantar mais 50 PEVs; e evoluir em tecnologia para redução do uso de papel nas operações (INSTITUTO JOGUE LIMPO, 2019).

O Instituto Jogue Limpo, em janeiro de 2018, iniciou o projeto piloto de coleta de OLUC na cidade de Linhares/ES e os resultados deste ano foram de 572.114 litros de OLUC coletados e 97,46% deste montante destinados ao rerrefino. O projeto atendeu 614 geradores e 100% municípios do Estado, sendo que oito tiveram coleta zero. Foram dispendidos R\$ 179.415,00 com coletas, realizadas 2.197 visitas e rodados 51.078 km. Para 2019, a previsão é iniciar a atuação na região Centro-Oeste, manter a operação no Espírito Santo e, a partir de julho de 2019, incluir a região Norte (INSTITUTO JOGUE LIMPO, 2019).

Figura 27 – Expansão geográfica e ano de início de atuação das operações do Instituto Jogue Limpo, por Estado



Fonte: INSTITUTO JOGUE LIMPO (2019).

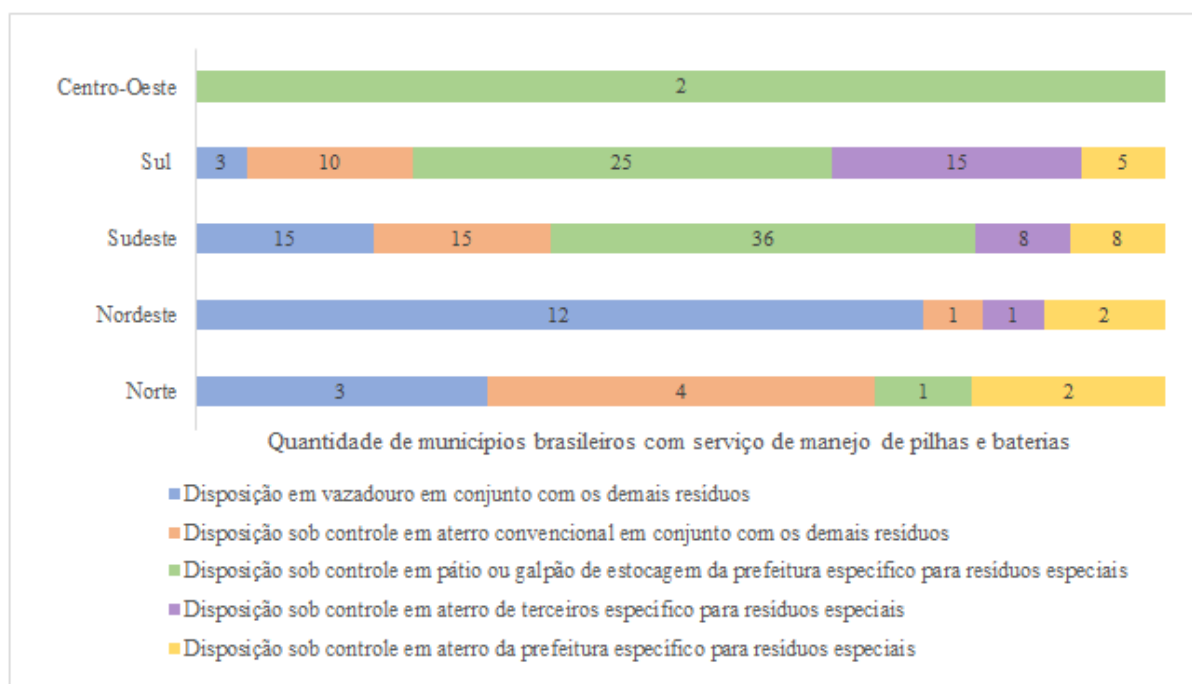
3.3.10.5 Pilhas e Baterias

Segundo a PNSB (IBGE, 2010), em 2008 somente 5,4% dos municípios brasileiros possuíam serviço de manejo de pilhas e baterias, sendo 3,6% na região Norte, 6% Nordeste, 52,3% Sudeste, 36,8% Sul e 1,3% Centro-Oeste. Dentre as formas de disposição no solo apresentadas na pesquisa, considerando que cada município pode apresentar mais de uma, 21,2% foram classificadas como Outras; as demais são apresentadas por região na Figura 28. Quanto ao tipo de processamento, 24% desses municípios faziam estocagem simples, a granel, para

encaminhamento periódico à indústria do ramo e 10% acondicionam em recipientes estanques (vedados) para encaminhamento periódico à indústria do ramo.

O sistema de logística reversa para pilhas (recarregável, não recarregável, botão, miniatura) e baterias (chumbo-ácido, pilha-botão, pilha) é anterior à PNRS (BRASIL, 2010b) e segue as determinações da Resolução Conama nº 401/2008 (CONAMA, 2008) e da Instrução Normativa Ibama nº 8/2012 (IBAMA, 2012).

Figura 28 – Quantidade de municípios brasileiros com serviço de manejo de pilhas e baterias e respectivas formas de disposição no solo, por região



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

A Resolução Conama nº 401/2008 (CONAMA, 2008) define as obrigações dos fabricantes nacionais e importadores de pilhas e baterias e determina que os estabelecimentos que as comercializam e a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, deverão receber as pilhas e baterias usadas para repasse aos respectivos fabricantes e importadores. Os fabricantes e fornecedores, por sua vez, deverão encaminhar para destinação ambientalmente adequada conforme procedimentos definidos pela Instrução Normativa Ibama nº 8/2012 (IBAMA, 2012).

O programa ‘Descarte Green Pilhas’, da Green Eletron, coleta baterias portáteis, pilhas comuns de zinco-manganês, pilhas alcalinas e pilhas recarregáveis. Estes resíduos são encaminhados para reciclagem onde passam por um processo de reaproveitamento do zinco na forma de metal; os rejeitos são tratados e encaminhados para disposição final (GREEN ELETRON, 2018). Por meio deste programa, os estabelecimentos comerciais podem se cadastrar como pontos de

entrega e os consumidores podem localizá-los no *site* da Green Eletron¹⁶ ou da GM&C Log¹⁷, empresa de transportes que realiza a coleta de pilhas e baterias portáteis e indica que, até agosto de 2019, já foram coletadas mais de 15.7 mil toneladas.

3.3.10.6 Pneus

A disposição inadequada de pneus constitui passivo ambiental que pode resultar em riscos ao meio ambiente e à saúde pública, além disso, o armazenamento e/ou a queima de pneu a céu aberto são proibidos, assim como a disposição final no meio ambiente e em aterros sanitários (CONAMA, 2009). O sistema de logística reversa de pneus inservíveis também é anterior à PNRS (BRASIL, 2010b) e segue a Resolução Conama nº 416/2009 (CONAMA, 2009) e a Instrução Normativa Ibama nº 1/2010 (IBAMA, 2010).

A partir da publicação da Resolução Conama nº 416/2009, estão sujeitos à logística reversa os fabricantes e os importadores de pneus novos, com peso unitário superior a 2,0 kg. Os pneus usados devem ser preferencialmente reutilizados, reformados, e reciclados antes de sua destinação final adequada. A Resolução prevê três opções para reforma: recapagem (substituição da banda de rodagem), recauchutagem (substituição da banda de rodagem e dos ombros) e remoldagem (banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos). Um pneu é considerado inservível quando possui danos irreparáveis em sua estrutura de tal forma que não pode ser reformado nem utilizado para rodagem. Neste caso, o pneu inservível deve ser entregue em pontos de coleta, nas centrais de armazenamento ou nos pontos de comercialização (CONAMA, 2009).

Visando o cumprimento da Resolução Conama nº 416/2009, o IBAMA, no âmbito de sua atuação, publicou a Instrução Normativa Ibama nº 1/2010 (IBAMA, 2010). Nela são discriminados os pneus controlados pelo IBAMA e casos de importação que ficam dispensados da obrigatoriedade de coleta e destinação final de pneus; o cálculo da meta dos fabricantes e importadores, o método de comprovação da destinação dos pneus inservíveis, o cadastro de empresas destinadoras e procedimentos de importação.

A última edição do Relatórios de Pneumáticos elaborada pelo IBAMA (IBAMA, 2017) indica que, em 2016, foram fabricadas 966.343 mil toneladas de pneus, importados 175.952 mil toneladas, enviados à montadora 165.087 mil toneladas e exportados 247.944 mil toneladas. Os fabricantes de pneus novos alcançaram 100,09% da meta de destinação estabelecida para 2016, enquanto os importadores cumpriram 83,64% da meta estipulada. As tecnologias de destinação final utilizadas no total de 493.399 mil toneladas de pneus inservíveis foram: coprocessamento (60,23%), granulação (27,15%), laminação (11,54%) e pirólise (1,08%).

¹⁶ <https://www.greeneletron.org.br/localizador.php>

¹⁷ <http://www.gmcons.com.br/gmclog/admin/VisualizarPostosMapaCliente.aspx>

3.4 GAMIFICAÇÃO

Embora não exista uma definição formal para o termo, gamificação é entendida como soluções que utilizam elementos de *design* característicos de jogos, fora do contexto de jogos, para melhorar o engajamento e experiência do usuário (*User Experience - UX*) (DETERDING et al., 2011; BURKE, 2015; SEABORN; FELS, 2015; TOTH; TOVOLGYI, 2016).

O conceito de engajamento é amplo, utilizado em diversas áreas e está mais relacionado com comportamento do que com atitude, embora diga respeito a uma ação do sujeito (OLIVEIRA; WANICK, 2018). No *Marketing*, por exemplo, está associado a aspectos comportamentais que vão além da relação de compra; não se limita a confiança, satisfação e comprometimento; considera aspectos motivacionais, o estado emocional, características e predisposições individuais dos consumidores (VAN DOORN et al., 2010). Sob a ótica dos jogos, Oliveira e Wanick (2018) realizaram uma revisão bibliográfica sobre os aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos do conceito de engajamento e propuseram a definição do termo como um "estado psicológico que ocorre através de uma experiência interativa e co-criativa do jogador com um agente ou um objeto de interação".

Experiência do Usuário, por sua vez, se refere a como o usuário se sente quando utiliza um serviço ou produto, mas não está restrita às facilidades de uso. A UX é composta de sete fatores, a saber: 1. Utilidade (possuir um propósito bem definido); 2. Usabilidade (permitir que usuário atinja seus objetivos com eficiência, eficácia e satisfação); 3. Encontrabilidade (possibilitar que o usuário encontre o conteúdo que está buscando); 4. Credibilidade (transmitir confiança ao usuário de tal forma que ele se sinta seguro ao utilizar o produto ou serviço); 5. Desejabilidade (criar condições para que usuário deseje o produto ou serviço); 6. Acessibilidade (possibilitar que pessoas com deficiências utilizem o produto ou serviço); e 7. Valor (acrescentar valor aos usuários e/ou partes interessadas) (INTERACTION DESIGN FOUNDATION, 2019).

Zichermann (2011) e Toth e Tovolgyi (2016) afirmam que a gamificação busca combinar motivações intrínsecas e extrínsecas como forma de aumentar o engajamento dos usuários. A motivação intrínseca é um impulso inato por fazer algo onde as atividades são recompensadoras por si mesmas; a extrínseca é aquela realizada para evitar algum problema ou receber algum benefício externo. Recompensas extrínsecas (presentes, prêmios, dinheiro) não são suficientes para sustentarem o envolvimento e, por vezes, levam ao contrário (BURKE, 2015). Além disso, Deterding (2014) reforça que a contextualização de um sistema gamificado é importante, pois jogar é uma atividade voluntária onde o jogador decide como, quando e por quanto tempo quer jogar. Quando as soluções gamificadas passam a ser utilizadas em ambientes corporativos e de maneira obrigatória, perde-se a motivação intrínseca, o prazer e o desempenho. Soma-se a isso o risco de as empresas utilizarem a gamificação como um programa de incentivo com recursos visuais diferentes ao invés de efetivamente promoverem uma mudança real na forma de fazer negócios. O autor ainda orienta que se deve evitar situações que envolvam atitudes lúdicas e

criativas em soluções gamificadas mais sérias e não relacionadas a jogos, pois podem gerar constrangimentos aos jogadores devido aos comportamentos considerados não adequados às normas situacionais.

Burke (2015) e Seaborn e Fels (2015) pontuam que a gamificação envolve motivar as pessoas a alcançarem seus próprios objetivos por meio do envolvimento emocional (motivações intrínsecas), com metas significativas, focando nas necessidades e desejos dos usuários finais. Além da autonomia e do propósito também discutidos por Deterding (2014) e Toth e Tovolygi (2016), o autor adiciona o domínio como um motivador que atua em nível emocional, referindo-se a busca constante por aprimoramento de tal forma que, em cada caminho, o jogador identifique seu progresso e busque formas de melhorar seu desempenho.

Em 2015, Mora et al. (2015) mapearam 18 (dezoito) *frameworks* de *design* para gamificação e pontuaram suas principais características. Foram considerados 19 (dezenove) itens agrupados em cinco categorias, a saber: Economia (objetivos, viabilidade, risco, retorno do investimento, partes interessadas), Lógica (*loop*, fim do jogo pré-estabelecido ou vitória épica, iniciação de novos participantes, regras), Medição (métrica, analítica), Psicologia (diversão, motivação, social, comportamento desejado, ética) e Interação (narrativa, UX / UI - *User Interface*, tecnologia). Os autores concluíram que, de modo geral, os *frameworks* têm a pessoa como objetivo principal do *design* e a maioria deles considera e dá importância aos aspectos psicológicos, indicando que a abordagem da motivação intrínseca - promovida pela Teoria de Autodeterminação (*Self-Determination Theory* - SDT) - foi predominante. A maioria dos princípios e componentes do *design* de jogo é utilizado para a descrição dos *frameworks* de gamificação, em especial os itens referentes ao *design* de jogo. No entanto, a forma como estão sendo aplicados que os diferem do ambiente de *design* de jogo. A categoria Psicologia foi a mais relevante e os principais destaques para as demais foram: a necessidade de definição dos objetivos e participação das partes interessadas no processo de *design*; a relevância da medição, mas seu uso pouco abordado; e a importância do *loop*, que é a forma como a mecânica do jogo e o *feedback* envolvem o jogador.

Os principais elementos dos jogos são o engajamento do usuário, sistema de pontuação como recompensas de suas ações, o *ranking* de pontuação como meio de destaque para liderança, emblemas conseguidos pelo engajamento, a criação de um avatar como forma de representação gráfica de si, os níveis como meio de desenvolver novas habilidades e a barra de processo para acompanhamento do progresso do jogador e visualização das próximas etapas (SEABORN; FELLS, 2015; TOTH; TOVOLGYI, 2016).

As soluções gamificadas partem destes elementos, mas não existe uma relação única entre eles e os efeitos motivacionais, pois o mesmo processo motivacional pode ser apoiado por vários elementos de *design* e vice-versa (DETERDING, 2014). No entanto, eles devem ser definidos de acordo com o propósito (DETERDING, 2014; TOTH; TOVOLGYI, 2016) que, por

sua vez, precisa ter significado para o jogador e estar alinhado com pelo menos um dos seguintes objetivos: promover uma mudança no comportamento (como prática de exercícios, redução do impacto ambiental, maior utilização de serviços *online*, incentivo à colaboração social, adoção de hábitos saudáveis), desenvolver habilidades (como treinamentos, expansão de conhecimento) ou impulsionar a inovação (como oferta de ideias, propostas de melhorias de processos) (BURKE, 2015).

A gamificação é multidisciplinar e pode atuar em diversos domínios como Ciência da Computação e Engenharia (para auxiliar no desenvolvimento de temas específicos da área), comunidades *online* e redes sociais (para aproximar e incentivar o relacionamentos entre pessoas em torno de tópicos específicos), *crowdsourcing* (para aproveitar o poder de um grande número de pessoas para um propósito específico), educação (para o desenvolvimento escolar em contextos formais e informais), esportes (para incentivar sua prática), *marketing* (para analisar o comportamento dos usuários e otimizar a coleta de dados), orientação (para auxiliar em localizações), pesquisas (para incentivar a participação e melhorar a quantidade e qualidade dos dados), saúde e bem-estar (para acompanhar problemas específicos de saúde e incentivar cuidados com a saúde e hábitos saudáveis), sustentabilidade (para apoiar e encorajar atitudes sustentáveis) e tarefas (para auxiliar na organização e execução de quaisquer coisas) (MORA et al., 2015; SEABORN; FELLS, 2015; TOTH; TOVOLGYI, 2016).

Seaborn e Fels (2015) levantaram exemplos de utilização da gamificação em diversas áreas e identificaram, para cada um dos casos, o propósito, as técnicas e os resultados relatados pelos participantes. Dos 32 (trinta e dois) casos estudados, 59,4% apresentaram resultados positivos, 37,5% mistos e 3,1% negativo. Um resumo geral está representado no Quadro 8.

Toth e Logo (2018) compartilharam um questionário *online* em grupos e páginas de mídias sociais relacionados à prática de exercícios para que pessoas que utilizam o celular para rastrear suas atividades físicas o respondessem. O objetivo da pesquisa foi identificar quais elementos de jogo dos aplicativos utilizados geravam alguma reação nos usuários. Os autores obtiveram 306 respostas cuja média de idade foi de 29 anos. Dentre os principais resultados, identificou-se que a escolha do aplicativo leva em consideração aspectos objetivos: estabilidade, facilidade de uso e gratuidade. De modo geral, os usuários estão focados principalmente na análise de dados e no rastreamento de sua progressão. A gamificação não foi um fator de escolha do aplicativo, no entanto os elementos de *feedback* instantâneo, emblemas, tabelas de classificação e pontuações de intensidade foram identificados como os principais motivadores.

Kashani e Ozturk (2017) desenvolveram um aplicativo para realizar o monitoramento do uso de energia elétrica do consumidor e fazer recomendações para mudanças nos hábitos de consumo. A autenticação do aplicativo é por meio do Facebook ¹⁸ e o usuário pode criar uma rede social para competir com seus amigos na redução de custos e da emissão de dióxido de

¹⁸ <https://www.facebook.com/>

carbono. O objetivo do aplicativo é motivar intrinsecamente a mudança no comportamento em busca de conscientização para maior eficiência energética.

Quadro 8 – Propósitos e elementos utilizados em soluções gamificadas, por domínio.

Domínio	Propósito	Elementos
Ciência da Computação e Engenharia	Levantar e avaliar requisitos; Tornar a programação divertida.	Avatar; Emblemas; Níveis; Pontos.
Comunidades <i>online</i> e redes sociais	Acompanhar comportamentos em um sistema; Encorajar a participação honesta; Explorar o efeito de remover gamification; Incentivar o compartilhamento de locais; Incentivar a mobilidade.	Emblemas; Pontos; <i>Ranking</i> ; <i>Status</i> .
<i>Crowdsourcing</i>	Melhorar a participação.	Emblemas; Pontos; <i>Ranking</i> ; <i>Status</i> .
Educação	Apoiar atividades de aprendizagem; Aumentar motivação e envolvimento dos alunos; Incentivar ou melhorar a participação; Melhorar o sistema de tutorial existente.	Conquistas; Desafios; Emblemas; Níveis; Pontos; Progressão; <i>Ranking</i> ; Recompensas.
<i>Marketing</i>	Melhorar a experiência e a qualidade dos dados.	Avatar; Narrativa; Níveis; Recompensas.
Orientação	Apoiar a orientação e incentivar a exploração; Auxiliar no processo de embarque.	Desafios; Emblemas; <i>Ranking</i> ; Recompensas.
Pesquisas	Aumentar a quantidade de <i>feedback</i> confiável; Incentivar a participação.	Conquistas; Desafios; <i>Ranking</i> ; Recompensas.
Saúde e bem-estar	Incentivar as medições diárias de glicose no sangue; Incentivar o sorriso; Melhorar a conformidade do comportamento; Melhorar a participação.	Avatar; Desafios; Níveis; Pontos; Progressão; Recompensas; <i>Status</i> .
Sustentabilidade	Envolver os clientes; Incentivar a mudança de comportamento; Incentivar o uso de lixeira seletiva.	Avatar; Conquistas; <i>Feedback</i> ; Pontos; Recompensas; <i>Ranking</i> ;
Trabalho cooperativo apoiado por computador	Incentivar a participação.	Emblemas; Pontos; <i>Status</i> .

Fonte: Adaptado de Seaborn e Fels (2015).

Com o propósito de promover a inovação digital local para melhorar a sociedade e contribuir com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, na Cúpula Mundial das Nações Unidas sobre a Sociedade da Informação (*UN World Summit on the Information Society - UN WSIS*), que aconteceu em Genebra no ano de 2003, foi criado o Prêmio da Cúpula Mundial (*World Summit Awards - WSA*).

O sistema de premiação não é monetário e visa a troca sustentável de conhecimento por meio da internet. Cada país pode submeter uma aplicação digital, selecionada por meio de

concursos nacionais e indicada por um representante nacional do WSA. Alguns exemplos de aplicativos gamificados premiados estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Exemplos de aplicativos gamificados vencedores do WSA, por categoria, país e ano.

Categoria	Aplicativo	Descrição
Aprendizagem e Educação	Gnius Club, México, 2017	Laboratório de inovação digital para crianças de 8 a 14 anos com o objetivo de ensinar o uso das tecnologias com sabedoria. Possui conteúdo próprio dividido em quatro temas principais, dividido em nove níveis que podem ser concluídos em três anos.
Assentamentos inteligentes e Urbanização	Kappo Bike, Chile, 2017	Incentiva o uso de bicicletas como meio de transporte por meio de gamificação e navegação segura com tecnologia de rastreamento.
Cultura e Turismo	Museu do Ontem, Brasil, 2017	Mistura jornalismo investigativo, exploração urbana e gamificação, proporcionando uma maneira lúdica para os participantes descobrirem segredos escondidos do antigo porto do Rio de Janeiro.
Governo e Envolvimento do cidadão	Colab.re, Brasil, 2014	Analisa como a população está sendo atendida pelos serviços públicos, possibilita a formulação de políticas públicas com seus dados e incentiva o exercício da cidadania por meio de missões.
Meio ambiente e Energia verde	World Cleanup, Brasil, 2018	Realiza o mapeamento de lixo com o objetivo de conectar pessoas e organizações para limpeza dos locais. O aplicativo possui desafios entre equipes e exibe uma vitrine de ações de limpeza.
Negócios e Comércio	FillYaTank, Nigéria, 2016	Proposta de construir uma comunidade para registrar a disponibilidade e os valores dos combustíveis com o objetivo de economizar tempo e dinheiro. Pontos e classificações são atribuídas aos usuários conforme sua participação.
Saúde e Bem-estar	Alpha Beat Cancer, Brasil, 2017	Projetado para servir como uma ferramenta de aprendizagem para crianças diagnosticadas com câncer. Conforme o jogador completa uma fase, novos termos são apresentados de maneira clara e objetiva, com ilustrações apropriadas e textos otimistas.

Fonte: Adaptado de WSA (2019).

A aplicação digital deve ser classificada em uma das oito categorias disponíveis, o que reforça a multidisciplinaridade discutida por Mora et al. (2015), Seaborn e Fels (2015) e Toth e Tovolgyi (2016). As categorias são: Governo e Envolvimento do cidadão (serviços, dados abertos, participação democrática); Saúde e Bem-estar (cuidados médicos, esporte, estilo de vida); Aprendizagem e Educação (conhecimento, ciência, habilidades); Meio ambiente e Energia verde (clima, recursos sustentáveis, agricultura); Cultura e Turismo (patrimônio, entretenimento, subculturas); Assentamentos inteligentes e Urbanização (mobilidade, trabalho produtivo, vida sustentável); Negócios e Comércio (serviços inovadores, segurança, finanças, marketing); e

Inclusão e Empoderamento (diversidade, gênero, justiça, direitos humanos) (WSA, 2019). O WSA .

Por fim, Burke (2015) pontua que soluções gamificadas devem ser voltadas para grandes públicos-alvo, focadas no engajamento emocional como meio de motivar seus participantes, com pouca ou nenhuma interação humana direta com quem a oferece e geralmente disponibilizadas abertamente na internet. Sugere que soluções gamificadas empreguem o processo de filosofia de projetos, que é centrado no ser humano e utiliza as ferramentas de *design* para resolver problemas, integrando as necessidades das pessoas com recursos tecnológicos e requisitos de negócios. Além disso, reforça que uma das principais diferenças entre soluções gamificadas, programas de fidelidade e videogames é que no primeiro caso não há fluxo de dinheiro, pois os jogadores jogam de graça e não há recompensas tangíveis entre jogador e patrocinador. Os videogames têm o entretenimento como objetivo e, apesar de os programas de fidelidade, recompensa e incentivos se utilizarem de recursos de soluções gamificadas, envolvem as pessoas por meio da lógica em um nível transacional, visando atingir metas com um retorno definido e, geralmente, tangível.

3.5 ABORDAGENS PARA DESENVOLVIMENTO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Os sistemas operacionais móveis Android e iOS dominam o mercado global de dispositivos móveis. Segundo o IDC (2019), no segundo trimestre de 2018, o Android tinha uma participação no mercado mundial de 86,8% e o iOS 13,2%. No Brasil, dados de dezembro de 2018 indicam que 84,11% usam Android e 14,41% iOS, refletindo a tendência mundial (STATISTA, 2019).

No entanto, um aplicativo desenvolvido para funcionar na plataforma Android somente funcionará em iOS se for utilizada uma tecnologia de desenvolvimento multiplataforma, que tem como propósito o reaproveitamento de código-fonte mas, em contrapartida, possui dependência em relação às plataformas nativas e muitas vezes sacrifica a usabilidade do aplicativo. Os aplicativos desenvolvidos com tecnologia nativa, por outro lado, utilizam SDKs (*Software Development Kit*) e IDEs (*Integrated Development Environment*) específicos para cada sistema operacional e tem como vantagens a interação com os recursos dos dispositivos, execução em segundo plano e rápida execução. Porém, criar e manter um aplicativo nativo nas diversas plataformas implica investir em projetos de desenvolvimento paralelos e equipes de desenvolvimento especializadas em cada plataforma (BERNARDES; MIYAKE, 2016; DELIA et al., 2017; SILVA, 2018).

Bernardes e Miyake (2016), ao pesquisarem sobre as principais abordagens de desenvolvimento multiplataforma para aplicações móveis, concluíram que não há uma padronização na sua classificação. No entanto, os autores realizaram um agrupamento e propuseram as seguintes abordagens, também utilizadas por Delia et al. (2017), Latif et al. (2017) e Silva (2018), a saber:

1. *Web*: utiliza *HyperText Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS) e

JavaScript para implementar aplicativos que serão renderizados no *browser* do dispositivo móvel. Funcionam em todas as plataformas e não requerem instalações e atualizações no dispositivo. As linguagens de programação executadas no servidor *web* são conhecidas e possuem uma variedade de ferramentas de desenvolvimento, entretanto, dependem da conexão com a internet, não têm acesso às APIs (*Application Programming Interface*) nativas, apresentam baixa velocidade de execução e uma pobre experiência do usuário.

2. Híbrida: utiliza a mesma tecnologia da abordagem *web*, mas não é acessado pelo *browser* e sim por meio de um aplicativo que contém o *engine* do *browser*. O acesso às características nativas do dispositivo é realizado por meio de APIs e *plugins*, o que pode comprometer o desempenho. Atende boa parte das plataformas, mas necessita de empenho no desenvolvimento para que a aparência se aproxime dos nativos e, assim, possibilite uma melhor experiência do usuário.
3. Interpretada: utiliza linguagens de programação específicas e um interpretador para cada plataforma que, em tempo de execução, acessa os recursos nativos. Possibilita uma boa experiência do usuário devido à interface nativa, no entanto, possui menor desempenho devido ao interpretador e requer conhecimento específico no desenvolvimento.
4. De Compilação Multiplataforma: utiliza uma linguagem de programação comum para a lógica de programação e o compilador realiza a tradução do código fonte para cada plataforma. Porém, para cada plataforma deve ser desenvolvida uma interface distinta, o que possibilita a experiência do usuário mais próxima às das aplicações nativas. O mesmo acontece em relação ao desempenho, devido ao acesso aos recursos nativos do dispositivo.

Latif et al. (2017) ainda acrescentam a Abordagem Orientada a Modelos (*Model-driven approach* - MDA), que parte do levantamento dos requisitos funcionais para elaborar modelos que serão utilizados para projetar e desenvolver aplicativos. Os modelos passam por transformações até que possibilitem a geração do código-fonte.

Quanto aos *frameworks* de desenvolvimento mais utilizados para aplicativos multiplataforma, Bernardes e Miyake (2016) observaram que, em alguns casos, os autores por eles estudados apresentaram divergências no enquadramento das tecnologias de desenvolvimento com as abordagens. As ferramentas estudadas por Delia et al. (2017), Latif et al. (2017) e Silva (2018), e algumas também apresentadas por Bernardes e Miyake (2016), estão disponíveis no Quadro 10.

Silva (2018), baseado nos aplicativos nativos em Android, iOS e *Universal Windows Platform* (UWP) que estão em uso pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), desenvolveu dois protótipos multiplataforma - um híbrido (Apache Cordova) e outro de compilação cruzada (Xamarin) - visando comparar o tempo de implementação e a curva de aprendizagem no

desenvolvimento, identificar as dificuldades, vantagens, desvantagens e limitações de ambas e realizar testes de usabilidade com os usuários finais.

Devido à interface mais simples, a disponibilidade de bibliotecas e *frameworks* e de uma comunidade *online* de desenvolvedores maior e mais ativa, o tempo de desenvolvimento do Apache Cordova foi menor. Porém, o autor registrou que não foi possível solucionar alguns erros de aplicação no momento da compilação, pois alguns deles eram ambíguos e as soluções disponibilizadas pela comunidade não resolveram os problemas. O Xamarin, por sua vez, possui características como interface nativa individual, maior responsividade e acesso total às APIs dos dispositivos que, segundo Silva (2018), são relevantes na escolha da linguagem de programação. Além disso, apesar de não ter sido o objetivo do estudo, o autor observou que o aplicativo desenvolvido em Xamarin apresentou melhor performance. Quanto à usabilidade, devido à pequena amostra de usuários finais (36 participantes), a análise da preferência foi inconclusiva (50% Xamarin e 44% Apache Cordova). Por fim, o autor conclui que, para o ISEP, a escolha da tecnologia deve ser pautada naquela que melhor se adequar à equipe de desenvolvimento.

Quadro 10 – Ferramentas de desenvolvimento multiplataforma

Web	Híbrida	Interpretada	Compilação Cruzada
Bootstrap	Apache Cordova	Appcelerator Titanium	CodeName One
Jquery Mobile	Ionic Framework	NativeScript	Corona
Sencha Touch	PhoneGap	Smartface app studio (Cloud IDE)	Xamarin

Fonte: Autora (2019).

Já com foco no desempenho dos aplicativos, Delia et al. (2017) realizaram 42 casos de testes utilizando seis dispositivos móveis, sendo dois *smartphones* e um *tablet* em Android e dois *smartphones* e um *tablet* em iOS. O teste analisou a performance dos aplicativos na realização de cálculos matemáticos comuns em jogos e aplicativos de realidade aumentada e de processamento de imagens. Foram consideradas as tecnologias nativas para iOS e Android e multiplataformas. Dentre as multiplataformas, foram desenvolvidos e analisados um aplicativo híbrido (Apache Cordova), uma aplicação *web*, dois aplicativos interpretados (Appcelerator Titanium e NativeScript) e dois de compilação cruzada (Xamarin e Corona).

Assim como discutido por Silva (2018) e Bernardes e Miyake (2016), os testes de Delia et al. (2017) indicaram que os aplicativos nativos possuem melhor desempenho que os multiplataformas. Ainda assim, os autores pontuaram que não foi possível realizar uma comparação entre Android e iOS devido a diferença de *hardware* entre os dispositivos analisados, no entanto, afirmaram que os nativos iOS foram mais eficientes que os nativos Android. As aplicações *web* tiveram os melhores resultados em ambas as plataformas, mas os resultados das demais abordagens multiplataformas foram opostos. No Android, as aplicações de compilação cruzada obtiveram os piores resultados, mas entre as aplicações híbridas e interpretadas obtiveram

desempenho semelhante ao da aplicação *web*, inclusive não sendo possível indicar a melhor entre elas. No iOS, as aplicações de compilação cruzada foram melhores que as híbridas e as interpretadas, mas piores que a nativa e a aplicação *web*. Delia et al. (2017) concluíram que, apesar de sua importância, o desempenho não deve ser o único fator considerado na decisão de qual tecnologia utilizar no desenvolvimento de um *software*.

A escolha do *framework* de desenvolvimento envolve diversos fatores, dentre eles estão a curva de aprendizagem e o conhecimento da equipe de desenvolvimento; o custo; o cronograma; a complexidade do aplicativo; os tipos de recursos nativos que precisam ser acessados; documentação e suporte disponíveis; a experiência do usuário; o desempenho; a necessidade de compartilhamento de código; e as plataformas atendidas. No Quadro 11 são apresentados os principais *frameworks* utilizados na atualidade, segundo a mídia especializada (RABOY, 2018; TRIVEDI, 2018; RAJPUT, 2019), com algumas características levantadas nos sites oficiais (FLUTER, 2019; IONIC, 2019; NATIVESCRIPT, 2019; PHONEGAP, 2019; REACT NATIVE, 2019; SENCHA, 2019; XAMARIN, 2019).

Quadro 11 – Características dos principais *frameworks* multiplataforma

<i>Framework</i>	Tecnologias de desenvolvimento	Plataformas atendidas
Flutter	Dart	Android e iOS
Ionic Framework	AngularJS, JavaScript, HTML e CSS	Android e iOS
NativeScript	Angular, JavaScript, TypeScript e CSS	Android e iOS
PhoneGAP	JavaScript, HTML e CSS	Android, iOS e Win Phone
React Native	React e JavaScript	Android, iOS e Win Phone
Sencha Touch	JavaScript, HTML e CSS	Android, BlackBerry, iOS, Tizen e Win Phone
Xamarin	C#	Android, iOS e Win Phone

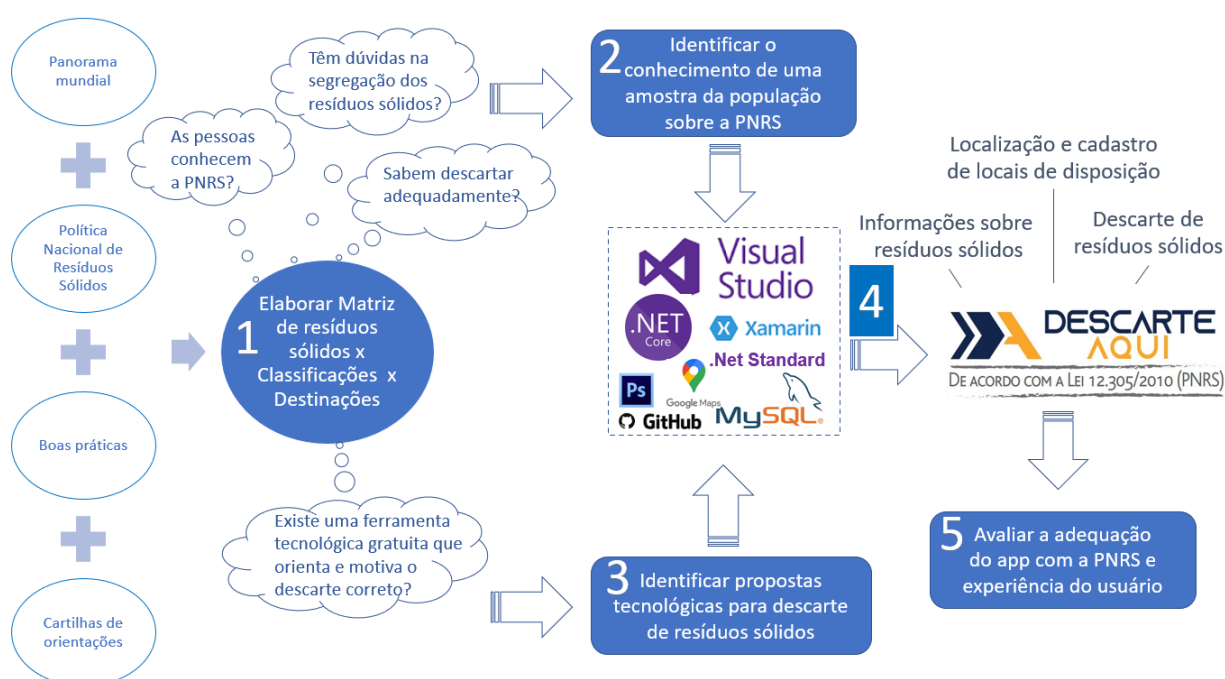
Fonte: Autora (2019).

Dentre estes *frameworks*, todos possuem tutoriais e comunidades no seu *site* oficial e, com exceção do Sencha Touch, todos são gratuitos. O Xamarin está incluído na licença do Visual Studio, mas é gratuito para desenvolvedores individuais, projetos de código aberto, pesquisa acadêmica, educação e pequenas equipes profissionais na versão Visual Studio Community 2019 (MICROSOFT, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para responder ao objetivo geral de desenvolver um aplicativo multiplataforma, gamificado e colaborativo, para descarte de resíduos sólidos, esta pesquisa se desenvolveu em cinco etapas, conforme ilustrado na Figura 29 e detalhado nas próximas seções.

Figura 29 – Fluxograma das etapas para realização deste trabalho



Fonte: Autora (2020).

4.1 IDENTIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COM SUAS RESPECTIVAS CLASSIFICAÇÕES QUANTO À ORIGEM E DESTINAÇÕES AMBIENTALMENTE ADEQUADAS

Pesquisa de natureza básica com objetivos exploratórios e descritivos por meio de pesquisas em publicações científicas e relatórios técnicos de órgãos governamentais visando elaborar uma matriz de resíduos sólidos com classificação quanto à origem e respectiva destinação ambientalmente adequada segundo a PNRS. Para a pesquisa bibliográfica foram utilizados os periódicos indexados na SciELO, Capes e Google Acadêmico, além de pesquisas em sites especializados.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO CONHECIMENTO DE UMA AMOSTRA DA POPULAÇÃO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Tratou-se de uma pesquisa de campo de corte transversal, com objetivos exploratórios e descritivos, de natureza quantitativa, que foi realizada por meio do questionário disponível no Apêndice A. Os participantes da pesquisa foram os discentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo *Campus* São João da Boa Vista (IFSP-SBV). Para definição da amostra optou-se por discentes devido ao contato com o tema sustentabilidade, pois a legislação determina que todos os níveis e modalidades do processo educativo no Brasil, em caráter formal ou não formal, devem desenvolver a educação ambiental de forma articulada (BRASIL, 1999). Os critérios de exclusão foram a recusa dos discentes em participarem da pesquisa e/ou a falta de adequação ao roteiro de pesquisa.

O questionário da pesquisa foi pautado na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010b) e está dividido em 5 blocos: 1. Identificação do participante; 2. Questões sobre o conhecimento da PNRS; 3. Indicação das opções utilizadas para o descarte dos resíduos sólidos listados; 4. Indicação da frequência de ações realizadas; e 5. Indicação do interesse em utilizar um aplicativo móvel como recurso para descarte de resíduos sólidos. As respostas para os blocos 2 e 4 estão dispostas conforme escala de Likert com o objetivo de permitir uma variação entre as respostas negativas e positivas.

Para a autorização da realização da pesquisa, a autora enviou uma mensagem eletrônica ao Diretor Geral do IFSP-SBV, Eduardo Marmo Moreira, com a apresentação do projeto de pesquisa e a Declaração expedida pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) (Anexo B). O Diretor Geral autorizou a pesquisa, conforme mensagem disponível no Anexo C. Diante disso, a autora enviou uma mensagem eletrônica aos Coordenadores dos Cursos informando sobre a pesquisa e, por meio do sistema de Consulta de Horários ¹ da instituição, elaborou um cronograma para coleta de dados e enviou uma mensagem eletrônica aos docentes solicitando autorização para utilização das suas aulas.

Por meio do sistema acadêmico da instituição ², a autora consultou o número de matrículas por curso para calcular a população da pesquisa que totalizou 1.087 (um mil e oitenta e sete) discentes. Para o cálculo da amostra utilizou-se a ‘Calculadora de tamanho de amostra’ da SurveyMonkey³. Decidiu-se pela amostra probabilística do tipo aleatória, estratificada por meio da proporção de discentes por curso, buscando assim a oportunidade para a participação de todos os cursos na pesquisa. Para um nível de confiança de 99% com chance de erro de 5% a amostra calculada foi de 414 (quatrocentos e quatorze) participantes. No entanto, a pesquisa foi aplicada para a população e obteve-se 592 (quinhentos e noventa e dois) respostas.

¹ <https://sbv.ifsp.edu.br/HorarioEletronico/>

² <https://suap.ifsp.edu.br>

³ <https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

O questionário foi elaborado na ferramenta de Formulários da Google ⁴ e disponibilizado no endereço eletrônico encurtado <https://forms.gle/wecZnzYuxzb5sY3h6>. Optou-se pelo formulário *online* para facilitar o acesso e agilizar o tempo de resposta.

A análise quantitativa dos dados foi realizada em 3 etapas, a saber: 1. Tabulação dos dados por meio do Microsoft Excel ⁵; 2. Análise estatística para sintetizar e correlacionar os dados por meio da versão *trial* do *software* IBM SPSS ⁶; e 3. Análise e interpretação das correlações e elaboração de gráficos ilustrativos por meio do Microsoft Excel.

A análise estatística realizada no IBM SPSS revelou o Coeficiente de Correlação de Pearson por meio da relação entre as variáveis disponíveis no Apêndice B. As variáveis foram originadas das questões apresentadas no instrumento de pesquisa na ordem em que foram dispostas no questionário. Para análise, focou-se nas correlações positivas (à medida que uma aumentava, a outra também aumentava) e negativas (à medida que uma aumentava, a outra diminuía) com 99% de certeza de associação.

4.3 ANÁLISE DOS APLICATIVOS MÓVEIS RELACIONADOS AO DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES NO MERCADO BRASILEIRO

Pesquisa de natureza básica com objetivos exploratórios para identificar os aplicativos móveis relacionados ao descarte de resíduos sólidos. Foram pesquisados aplicativos nas plataformas da Google e da Apple, respectivamente Play Store ⁷ e App Store ⁸, pois atualmente possuem os sistemas operacionais mais usados no mundo (STATISTA, 2019). A pesquisa foi realizada em abril de 2019 e utilizou as palavras-chave ‘destinação final’, ‘descarte’, ‘lixo’, ‘rejeito’ e ‘resíduo’. Foram analisadas as descrições de cada um dos aplicativos encontrados, mas somente foram instalados e testados os aplicativos gratuitos que permitiam a localização de pontos de coleta de mais de um tipo de resíduo sólido e cuja abrangência não estava restrita a uma cidade, comunidade ou prestador de serviços.

Os testes foram norteados pelo conceito de gamificação nos domínios da sustentabilidade, cujos propósitos são apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio da mudança de comportamento (MORA et al., 2015; SEABORN; FELLS, 2015). Entende-se que o descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos requer conhecimento e atitude para segregação e destinação correta dos resíduos que, conseqüentemente, promovem a mudança de comportamento do cidadão perante este problema. Diante disso, definiu-se que as funcionalidades buscadas nos aplicativos testados seriam: disponibilizar informações relacionadas ao descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos; motivar o engajamento por meio da gamificação;

⁴ <https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>

⁵ <https://products.office.com/pt-br/excel>

⁶ <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>

⁷ <https://play.google.com/store/apps?hl=pt>

⁸ <https://www.apple.com/br/ios/app-store/>

permitir a colaboração dos usuários no cadastro e avaliação dos pontos de coleta; registrar o descarte de resíduos sólidos; e permitir o compartilhamento em redes sociais.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E COLABORATIVO NA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O aplicativo foi desenvolvido com o *framework* Xamarin (XAMARIN, 2019) e utiliza o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL. A escolha do *framework* foi pautada na tecnologia multiplataforma; nos sistemas operacionais atendidos; na interface nativa visando proporcionar uma melhor experiência do usuário; no acesso aos recursos nativos proporcionando melhor desempenho; e na gratuidade do *framework*.

4.5 AVALIAÇÃO DO APLICATIVO DESCARTEAQUI

Tratou-se de uma pesquisa de campo de corte transversal, com objetivos exploratórios e descritivos, de natureza quantitativa, que foi realizada por meio do questionário disponível no Apêndice C, elaborado na ferramenta de Formulários da Google.

Os sujeitos da pesquisa foram convidados pela autora para formarem um grupo de controle para a avaliação do aplicativo, mas sem a intervenção da mesma durante o processo. Com a proposta de que o aplicativo fosse avaliado por públicos distintos e com a garantia de que os aspectos tecnológicos e referentes a PNRS fossem observados, o grupo de controle foi dividido três públicos, a saber: Usuário comum; Usuário especialista em Tecnologia da Informação e/ou Experiência do Usuário; e Usuários especialistas na PNRS.

Os participantes deste grupo receberam, por e-mail, as instruções para instalação do aplicativo, uma breve explicação das funcionalidades disponíveis no aplicativo e o link do questionário para registrarem os resultados dos testes. Este e-mail está disponível no Anexo D, mas com o recorte dos e-mails dos destinatários como forma de garantir o anonimato.

A análise quantitativa dos dados foi realizada em 3 etapas por meio do Microsoft Excel, a saber: 1. Tabulação dos dados; 2. Análise estatística para sintetizar os dados; e 3. Análise e interpretação dos dados e elaboração de gráficos ilustrativos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MATRIZ DE RESÍDUOS SÓLIDOS X CLASSIFICAÇÃO X DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA

A matriz, apresentada no Quadro 12, possui 96 (noventa e seis) resíduos sólidos classificados de acordo com os Art. 13 e 33 da PNRS (BRASIL, 2010b) e com instruções quanto ao descarte ambientalmente adequado. Selecionou-se resíduos sólidos mais comuns aos cidadãos e relacionados com o cotidiano, mas também se incluiu resíduos sólidos resultantes de processos industriais a título de orientação, como por exemplo os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais e resíduos de mineração. Optou-se pela apresentação dos resíduos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana em separado, no entanto, é comum encontrar na literatura a unificação como resíduos sólidos urbanos.

As destinações e disposições finais foram levantadas com base no referencial teórico desenvolvido, em reuniões com profissionais da área, no *site* eCycle (2020) e nas cartilhas com orientações para coleta seletiva elaboradas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre (TEIXEIRA; MACIEL, 2010), pelo Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP, 2014) e pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2018).

Quadro 12 – Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

Classificação	Destinação
Resíduos agrossilvopastoris	
Embalagens de agrotóxicos	Sujeito a logística reversa. Descartar em ponto de entrega voluntária.
Medicamentos veterinários e suas embalagens	Não regulamentado. Destinar à pontos de entrega voluntária de medicamentos.
Resíduos florestais: madeira em casca e frações	Reutilização para mudanças de sistemas de colheita ou como fonte de energia
Restos de processamento, estrume, bagaço de cana ou laranja	Reciclagem, compostagem, biodigestão.
Resíduos da construção civil	
Embalagens de tintas imobiliárias (apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno)	Reciclável. Descartar em Ecoponto para RCC.
Estopa, espuma, panos de limpeza, fitas de amarração	Não reciclável ou reciclagem inviável economicamente. Disposição em aterro Classe II A
Gesso	Reciclável. Disposição em aterro Classe I ou II A licenciados para codisposição de gesso.

(continua)

Quadro 12 - Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

(continuação)

Classificação	Destinação
Madeira	Reutilizável, reciclável e presente nos Resíduos Sólidos Urbanos. Destinar à coleta seletiva.
Solo, concreto, argamassa, tijolos, telhas cerâmicas	Reutilizável ou reciclável como agregado. Destinação para usinas de reciclagem, aterro de resíduos Classe A de reservação de material para usos futuros
Tinta, asfalto, solvente, óleos, material contaminado e amianto	Resíduos Perigosos. Disposição em aterro Classe I.
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	
Resíduos gerados nas atividades de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Poder público municipal pode equipará-los aos resíduos aos resíduos sólidos urbanos. Disposição deve ser em aterro sanitário ou aterro industrial.
Resíduos de limpeza urbana	
Resíduos da limpeza de galerias, córregos e terrenos	Separação de recicláveis; compostagem das folhas e galhos pequenos; e recuperação energética de troncos e galhos maiores. Rejeitos devem ser dispostos em aterro sanitário.
Resíduos da varrição de vias públicas	Separação de recicláveis; compostagem das folhas e galhos pequenos; e recuperação energética de troncos e galhos maiores. Rejeitos devem ser dispostos em aterro sanitário.
Resíduos de mineração	
Estéril	Permanecem na mina e ficam dispostos em pilhas ou utilizados para preencher cavas exauridas e recuperar voçorocas.
Rejeito	Podem ser dispostos em minas subterrâneas, em cavas exauridas de minas, em pilhas e em barragens de contenção.
Resíduos de serviços de saúde	
Agulhas, seringas, lancetas, frascos de insulina	Não reutilizável e não reciclável. Descartar após o uso em coletores próprios que podem ser adquiridos em uma Unidade Básica de Saúde (UBS), em farmácias ou lojas especializadas. Descartar caixa coletora em uma UBS.
Cadáveres de animais	Dependendo da causa morte, uma Unidade de Vigilância de Zoonoses (UVZ) deve ser acionada. Caso contrário, pode ser realizado o sepultamento ou a retirada pela UVZ.
Chapas de radiografias	Reciclável. Descartar em ponto de entrega voluntária. Não deve ser disposto em aterro sanitário.
Resíduos de medicamentos e suas embalagens	Não regulamentado. Destinar à pontos de entrega voluntária de medicamentos.

(continua)

Quadro 12 - Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

(continuação)

Classificação	Destinação
Resíduos de serviços de transportes	
Parabrisas de veículos	Recicláveis. Destinar à coleta seletiva ou entregar em ponto de entrega voluntária.
Sucatas ferrosas	Recicláveis. Destinar à coleta seletiva ou entregar em ponto de entrega voluntária.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	
Lodos de ETA e ETE	Pode ser utilizado na construção civil e para aplicação no solo. Disposição deve ser em aterro sanitário.
Resíduos industriais	
Resíduos gerados nas atividades industriais	Tratamento físico, químico e biológico. Disposição deve ser co-disposição ou em aterro industrial Classe I ou Classe II A.
Resíduos domiciliares	
Acetona e esmalte	Não reciclável e tóxico. Embalagens podem ser recicladas, mas conteúdo não pode ser descartado no lixo comum nem na rede de esgoto.
Acrílico	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Adesivos	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Aerossóis	A embalagem em alumínio pós-consumo é reciclável e deve ser descartada em pontos de entrega voluntária (PEV) ou separada junto com os recicláveis nas residências, assim como as partes plásticas. Não descartá-las no lixo comum.
Arame, prego, ferragens	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Bijuterias	Podem ser reutilizados e algumas partes recicladas. Destinar à coleta seletiva.
Bisnagas	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Bolsas e acessórios	Podem ser reutilizados e algumas partes recicladas. Destinar à coleta seletiva.
Brinquedos de plástico	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Cabo de panela	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Cano de metal	Reciclável. Destinar à coleta seletiva ou à pontos de entrega voluntária.
Cano ou tubo de plástico	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Cartela de chicletes ou brinquedos (blister)	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Cascas de ovos, banana, manga	Pode ser utilizado para compostagem ou ser descartado no lixo comum para disposição em aterro sanitário.

(continua)

Quadro 12 - Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

(continuação)

Classificação	Destinação
Clipe	Reciclável. Destinar à coleta seletiva ou à pontos de entrega voluntária.
Colchão	Não reciclável, mas sua espuma pode ser reutilizada. Utilizar programas de coleta de resíduos volumosos no município.
Copos e garrafas de vidro	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Copos plásticos	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Cosméticos	Separar o conteúdo das embalagens e descartar em lixo comum para disposição em aterro sanitário. Embalagens plásticas descartar na coleta seletiva.
Embalagens de fármacos e de higiene pessoal	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Embalagens de papel	Reciclável. Não amassar e destinar à coleta seletiva.
Embalagens longa vida	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Embalagens plásticas	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Embalagens de vidro	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Espelho	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Esponja de aço	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Esponja de uso doméstico	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Espuma	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Filtros e guardanapos não engordurados	Não reciclável. Pode ser utilizado para compostagem ou ser descartado no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Fio dental	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Folhas de caderno, rascunhos, envelopes	Reciclável. Não amassar e destinar à coleta seletiva.
Fotografias	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Fraldas e absorventes	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Garrafa PET	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.

(continua)

Quadro 12 - Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

(continuação)

Classificação	Destinação
Grãos e sementes	Não reciclável. Pode ser utilizado para compostagem ou ser descartado no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Isopor	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Jornais, revistas, cartazes, livros	Reciclável. Não amassar e destinar à coleta seletiva.
Lata de alumínio	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Lata de óleo, leite, atum, etc.	Reciclável. Lavar e descartar na coleta seletiva sem amassar e seco.
Lixiviado de aterro sanitário (chorume)	Tratamento realizado no aterro, em uma estação de tratamento apropriada. Disposição deve ser realizada em aterro sanitário.
Metal	Reciclável. Destinar à coleta seletiva ou à pontos de entrega voluntária.
Mistura de papel, plástico e metal	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Óleo comestível	Reutilizável e reciclável. Armazenar em recipiente plástico (garrafa PET, por exemplo) e descartar em ponto de entrega voluntária.
Papelão	Reciclável. Não amassar e destinar à coleta seletiva.
Papel carbono, celofane	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Papel higiênico, guardanapos, papéis sujos/engordurados	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Papel metalizado, plastificado ou parafinado (fax)	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Pontas de cigarro	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Porcelana, cristal, cerâmica	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Restos de alimentos	Não reciclável. Pode ser utilizado para compostagem ou ser descartado no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Rolos de filmes e negativos	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Roupas e calçados	Podem ser reutilizados e algumas partes recicladas. Destinar à coleta seletiva.
Saco plástico	Reciclável. Não amassar e destinar à coleta seletiva.
Saquinhos de chá, borra de café	Não reciclável. Pode ser utilizado para compostagem ou ser descartado no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Sucatas de reformas	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.

(continua)

Quadro 12 - Matriz de resíduos sólidos com respectivas classificações e destinações

(continuação)

Classificação	Destinação
Tampa de garrafa	Reciclável. Destinar à coleta seletiva.
Vidro	Reutilizável e reciclável. Destinar à coleta seletiva ou à pontos de entrega voluntária.
Vidro refratário	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Vidros de janelas, box temperado	Não reciclável. Descartar no lixo comum para disposição em aterro sanitário.
Produtos sujeitos a logística reversa	
Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Óleo lubrificante usado ou contaminado	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Pilhas e baterias	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Pneus	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Aspirador de pó, ferro, torradeira, relógio, balança	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Brinquedos eletrônicos	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Calculadoras	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Computadores e periféricos	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Console de jogo, jogo de vídeo	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Geladeira, microondas, máquina de lavar	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Impressoras e copadoras	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Rádio, televisão, câmera, instrumentos musicais	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Serras, ferramentas de soldar, máquina de costura	Descartar em ponto de entrega voluntária.
Telefones e celulares	Descartar em ponto de entrega voluntária.

Fonte: Autora (2019).

5.2 CONHECIMENTO DOS DISCENTES DO INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO CAMPUS SÃO JOÃO DA BOA VISTA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

A aplicação do questionário para responder ao objetivo específico de identificar e diagnosticar o conhecimento de uma amostra da população sobre os resíduos sólidos aconteceu no período de 22/04/2019 e 09/05/2019 entre os discentes de todos os cursos do IFSP-SBV. A Tabela 2 detalha a estratificação da amostra por curso e apresenta a respectiva quantidade de respostas obtidas, totalizando uma amostra de 592 (quinhentos e noventa e dois) discentes, com 99% de confiança e 4% de erro.

Quanto ao perfil dos participantes da pesquisa, 56,8% são do sexo masculino, 0,1% preferiu não informar e 43,1% do sexo feminino; 67,6% estão na faixa etária de 14 a 20 anos, 25,2% de 21 a 30 anos e 7,3% acima de 31 anos; e 61% somente estudam.

Tabela 2 – Estratificação da amostra e quantidade de respostas obtidas.

Curso	Modalidade	Matrículas	Amostra	Respostas
Bacharelado em Ciência da Computação	Bacharelado	38	14	26
Engenharia de Controle e Automação	Bacharelado	154	59	80
Especialização em desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis	Especialização	14	5	9
Pós-Graduação Lato Sensu em Humanidades - Ciência, Cultura e Sociedade	Especialização	30	11	16
Licenciatura em Ciências Naturais: Habilitação em Física	Licenciatura	63	24	31
Licenciatura em Ciências Naturais: Habilitação em Química	Licenciatura	73	28	42
Técnico em Eletrônica Integrado ao Ensino Médio	Técnico Integrado	146	56	88
Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio	Técnico Integrado	179	68	114
Técnico em Administração	Técnico Subsequente	65	25	41
Técnico em Automação Industrial	Técnico Subsequente	70	27	27
Técnico em Manutenção e Suporte em Informática	Técnico Subsequente	54	21	33
Técnico em Química	Técnico Subsequente	16	6	8
Tecnologia em Processos Gerenciais	Tecnologia	80	30	37
Tecnologia em Sistemas para Internet	Tecnologia	105	40	40
		1.087	414	592

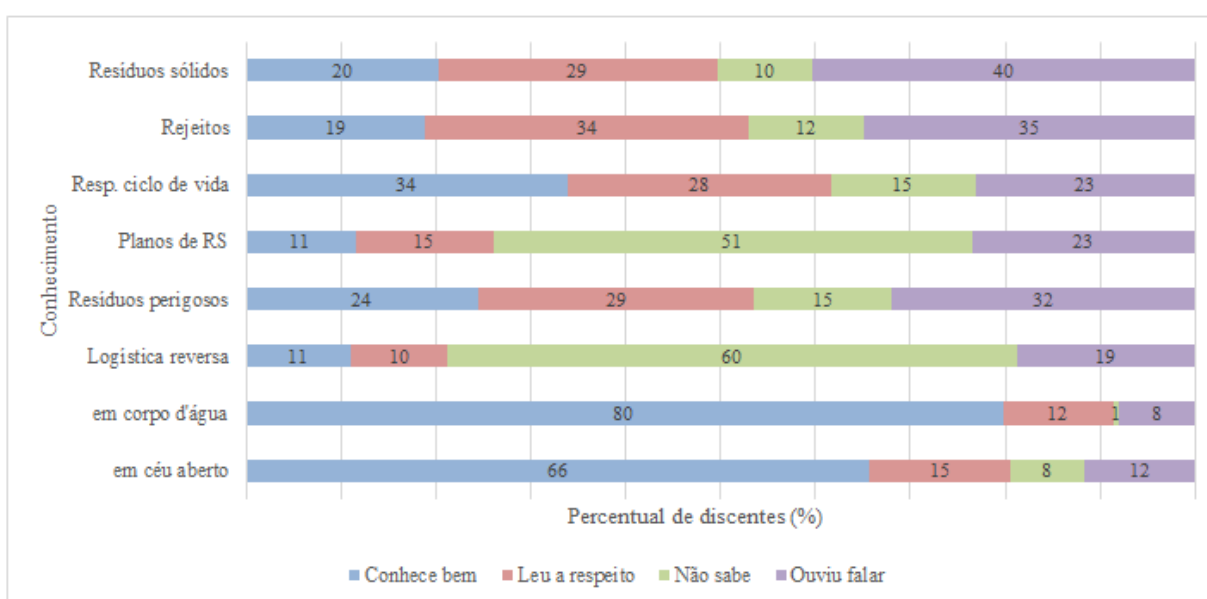
Fonte: Autora (2019).

Em todos os catorze cursos pesquisados há participantes que estudam e trabalham (39%), destacando-se as maiorias para os cursos de Especialização (100% Desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis; 87,5% Humanidades - Ciência, Cultura e Sociedade), Licenciatura (67,7% Física; 66,7% Química), Tecnologia (73% Processos Gerenciais; 60% Sistemas para Internet) e Técnico Subsequente (66,7% Automação Industrial). Dos participantes que estudam e trabalham, 43,7% estão na faixa etária de 21 a 30 anos e 40,7% de 14 a 20 anos.

Quanto às variáveis que questionaram sobre o conhecimento dos discentes a respeito da PNRS, por meio da Figura 30 nota-se que para as questões que envolvem a atitude dos cidadãos e conseqüente impacto ambiental mais evidente, apresentadas nas variáveis ‘DescarteProibido’ (Você sabe que é proibido descartar resíduos sólidos ou rejeitos em praias, mar, rios e a céu aberto?) e ‘QueimaRS’ (Você sabe que é proibido queimar resíduos sólidos ou rejeitos a céu

aberto ou em recipientes?), a grande maioria dos discentes afirmou conhecer bem ou ter lido a respeito. O mesmo se aplica sobre a consciência de responsabilidade do consumidor pelo ciclo de vida dos produtos. Por outro lado, a maioria dos discentes não sabe ou apenas ouviu falar sobre a obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos por parte da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, podendo indicar que eles não tiveram contato com a PNRS nem com os planos elaborados pelos municípios onde residem, evidenciando a necessidade de maior divulgação por parte dos municípios. Constata-se também, um conhecimento superficial dos discentes nas questões sobre os conceitos de resíduos sólidos, rejeitos e resíduos perigosos.

Figura 30 – Nível de conhecimento dos discentes sobre os conceitos pesquisados



Fonte: Autora (2019).

Especificamente em relação a logística reversa, a Tabela 3 apresenta as correlações positivas com 99% de certeza da associação entre as variáveis.

Tabela 3 – Correlações da Variável 10 - LogísticaReversa, resultantes da análise estatística

Variável	Significado da variável	x^2
ResiduoSolido	Você sabe o que são Resíduos Sólidos?	0,218**
Rejeito	Você sabe o que são Rejeitos?	0,269**
CicloVida	Você sabe que o consumidor possui responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos?	0,196**
PlanoRS	Você sabe que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem elaborar e divulgar seus Planos de Resíduos Sólidos?	0,236**
ResiduoPerigoso	Você sabe o que são Resíduos Perigosos?	0,300**

** Correlação significativa ao nível de 0,01 (1%)

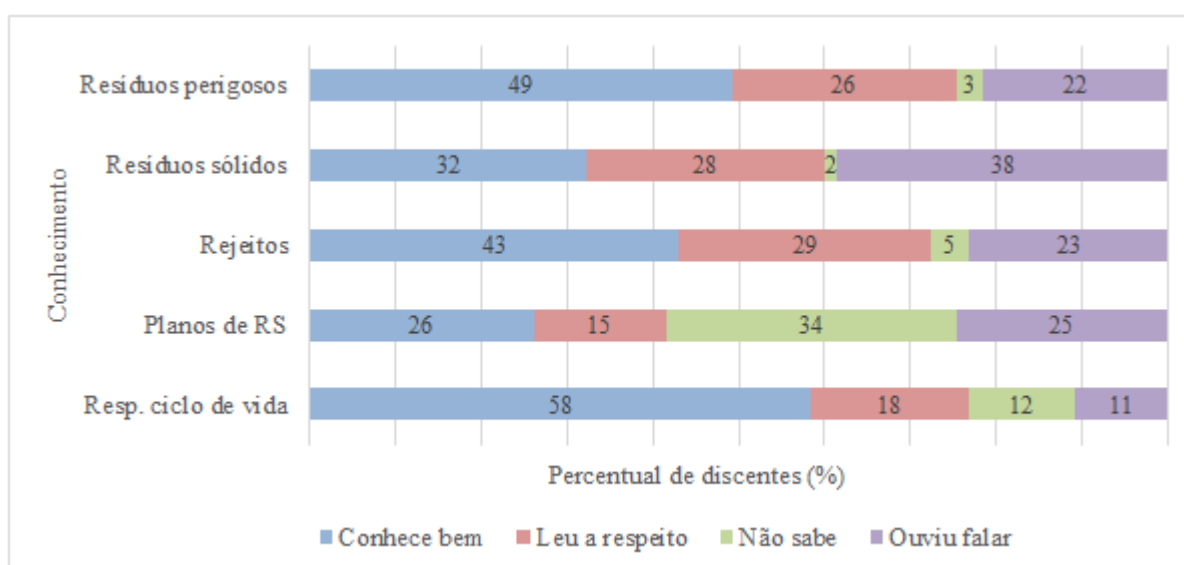
Fonte: Autora (2019).

Dos 60% dos discentes que responderam que não sabem a respeito da logística reversa,

34% também não sabem que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem elaborar e divulgar seus Planos de Resíduos Sólidos; 23% ouviram falar sobre rejeitos e 38% sobre resíduos sólidos; e, apesar de 58% deles afirmarem conhecer bem sobre a responsabilidade do consumidor pelo ciclo de vida dos produtos, 11% somente ouviram falar e 12% não sabem a respeito.

As respostas dos 11% dos discentes que afirmam conhecer bem sobre logística reversa também são coerentes em relação aos demais conceitos, conforme ilustra a Figura 31, com exceção apenas em relação à obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos (variável PlanoRS). No entanto, considera-se um contrassenso o discente que conhece bem sobre logística reversa não saber (3%) ou somente ter ouvido falar (22%) sobre resíduos perigosos.

Figura 31 – Nível de conhecimento dos discentes, sobre conceitos das variáveis apresentadas na Tabela 3, que afirmaram conhecer bem sobre logística reversa



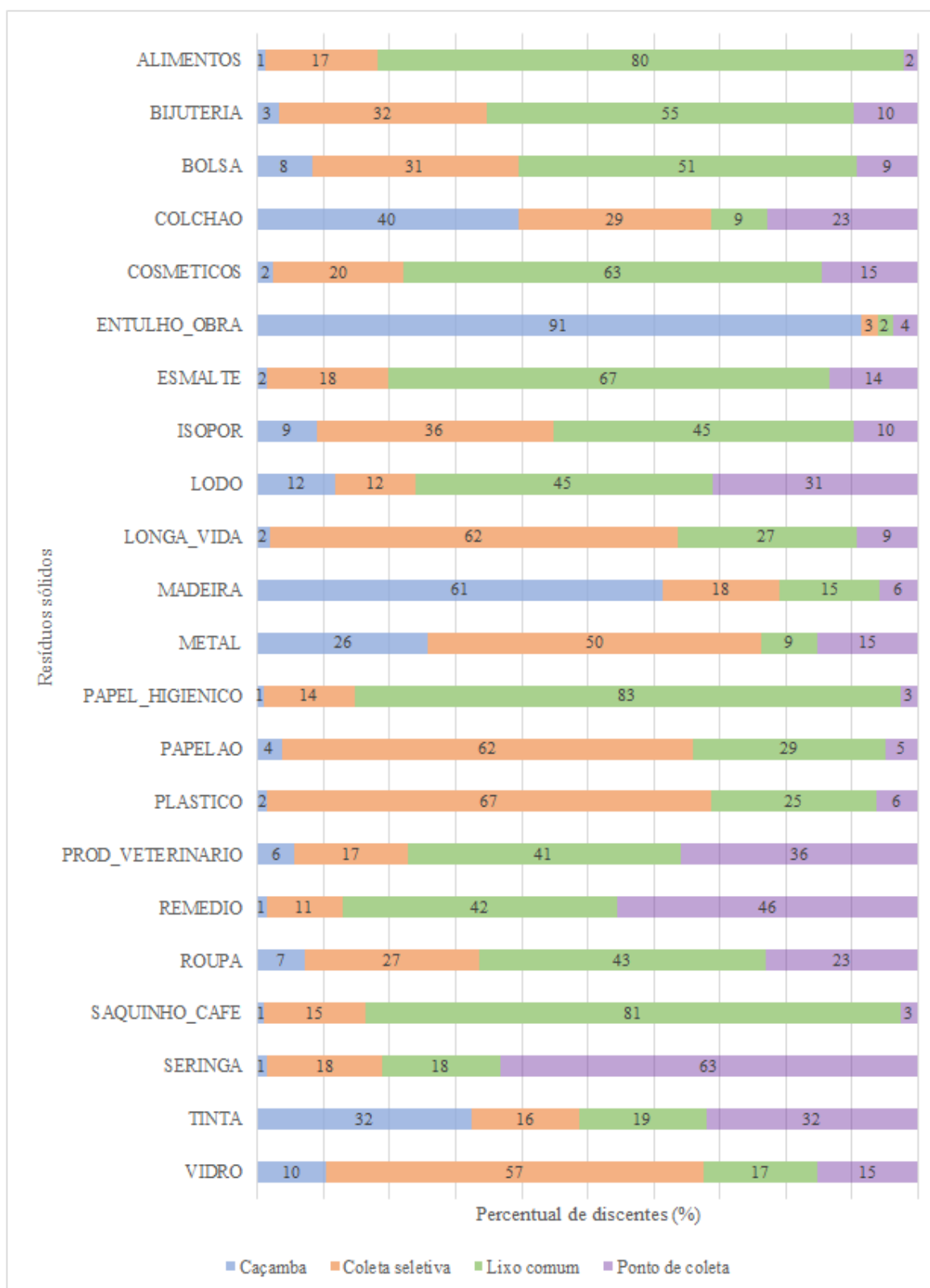
Fonte: Autora (2019).

As Figuras 32 e 33 representam os locais onde os discentes descartariam cada um dos resíduos sólidos pesquisados, representados por suas respectivas variáveis. Ressalta-se que, durante a aplicação do questionário, alguns poucos discentes questionaram a autora sobre a diferença entre ponto de coleta e coleta seletiva. A autora respondeu que quando é realizada a segregação em casa e a coleta é realizada pelos serviços de coleta da Prefeitura refere-se a coleta seletiva, mas quando o consumidor leva o produto até um local específico refere-se a um ponto de coleta. Acredita-se que esta dúvida também pode ter sido de outros discentes e talvez tenha interferido nas respostas.

Acredita-se que as respostas dos discentes para a variável LODO (Lodos gerados nas estações de tratamento de água e esgoto) e PROD_VETERINARIO (Produtos veterinários, restos de processamento, estrume, bagaço de cana ou de laranja) ser lixo comum (respectivamente 45% e 41%) deva-se a falta de familiaridade com este tipo de resíduo sólido. Chama-se atenção para os discentes que descartariam restos de alimentos (17%); papel higiênico, fraldas e absorventes

(14%); e saquinhos de café e chá (15%) na coleta seletiva e para a quantidade de discentes que utilizariam caçambas como opção de descarte para os mais variados tipos de resíduos.

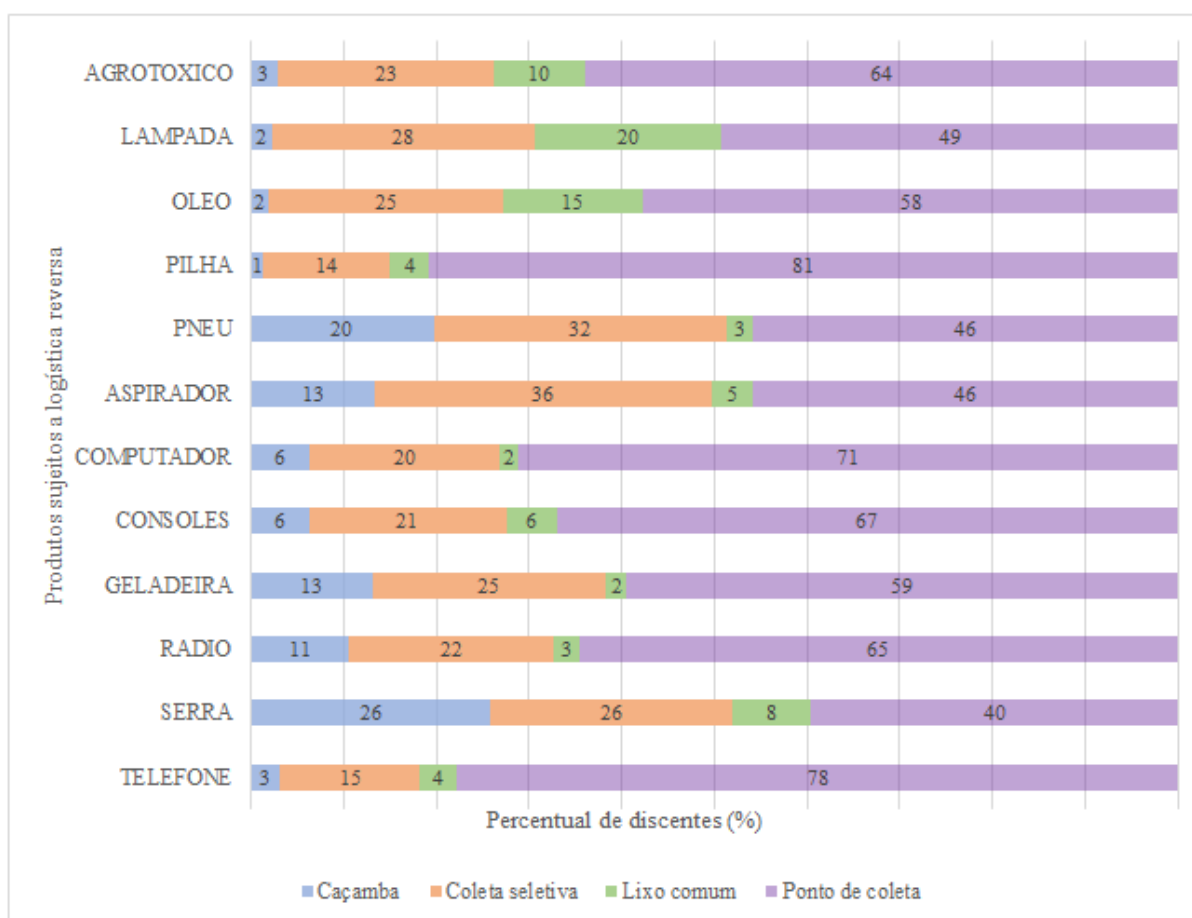
Figura 32 – Resíduos sólidos, representados por suas variáveis, e respectivos locais onde os discentes os descartariam



Fonte: Autora (2019).

Embora 60% dos discentes tenham afirmado não saberem sobre o conceito de logística reversa, conforme observa-se na Figura 33, a maioria deles selecionou a entrega em pontos de coleta como a opção correta para descarte de pilhas e baterias (81%); óleos (58%); lâmpadas (49%); agrotóxicos, seus resíduos e embalagens (64%); pneus (46%); e os resíduos de equipamentos eletrônicos, representados por suas variáveis, a saber: ASPIRADOR (46%); COMPUTADOR (71%); CONSOLES (67%); GELADEIRA (59%); RADIO (65%); SERRA (40%); e TELEFONE (78%).

Figura 33 – Resíduos sólidos dos produtos sujeitos a logística reversa, representados por suas variáveis, e respectivos locais onde os discentes os descartariam

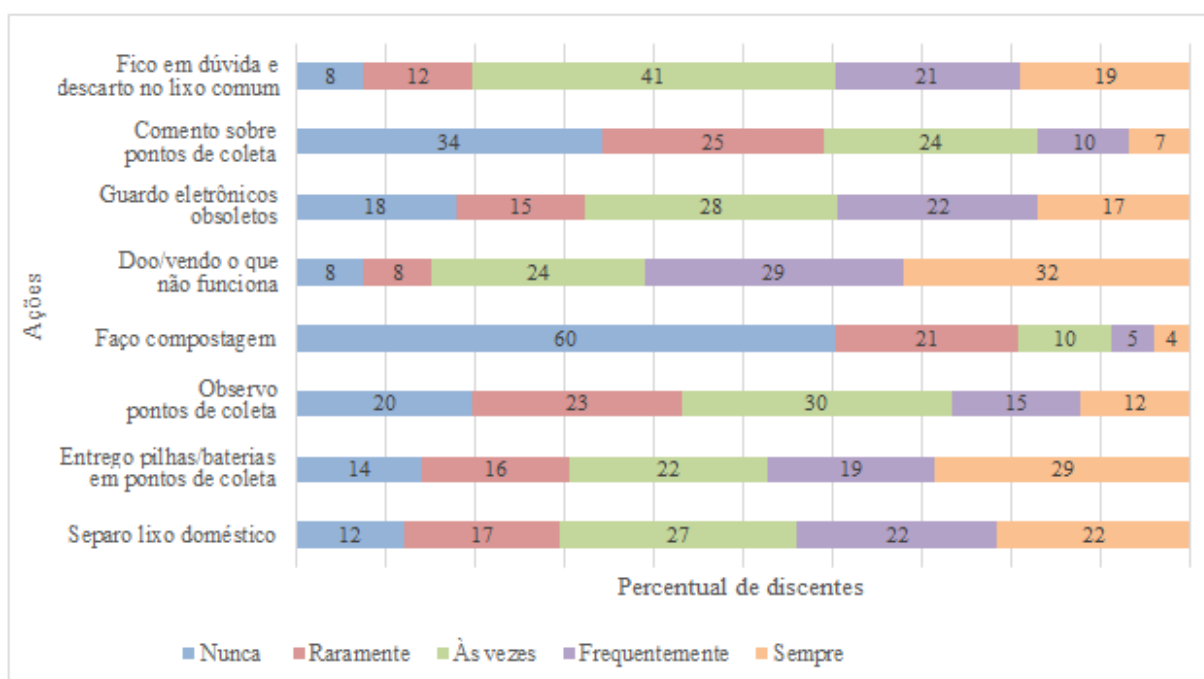


Fonte: Autora (2019).

Quanto a frequência com que os usuários tomam as ações relacionadas ao reaproveitamento, reciclagem e descarte ambientalmente correto, segundo a Figura 34, de maneira geral, a minoria dos discentes respondeu que nunca ou raramente faz a separação do lixo doméstico (12% e 17%, respectivamente), entrega pilhas e baterias em pontos de coleta (14% e 16%, respectivamente) ou doa ou vende o que não funciona mais (8% para ambos), podendo indicar que a maioria está consciente da importância dessas ações, mas ainda necessita de maior sensibilização para que essas atitudes sejam cada vez mais frequentes.

Em contrapartida, destaca-se que a maioria dos participantes guarda equipamentos eletrônicos obsoletos ou quebrados em casa ao invés de descartá-los. Talvez a falta de um Acordo Setorial para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e de campanhas de conscientização e orientação para o descarte ambientalmente correto sejam alguns dos motivos de mantê-los em casa. A necessidade de orientações fica evidente, pois a maioria dos discentes afirmou que às vezes (41%), frequentemente (21%) ou sempre (19%) fica em dúvidas sobre como descartar e acaba utilizando o lixo comum. Quanto à compostagem, embora algumas de suas vantagens sejam a redução do volume dos resíduos orgânicos e a produção de adubo orgânico, a grande maioria dos discentes nunca (60%) ou raramente (20%) a pratica.

Figura 34 – Frequência com que os discentes costumam realizar as ações relacionadas ao reaproveitamento, reciclagem e descarte ambientalmente correto



Fonte: Autora (2019).

Embora os discentes costumem observar os pontos de coleta, eles raramente (25%) ou nunca (34%) comentam com os conhecidos sobre sua localização. No entanto, a Tabela 4 aponta que os discentes que costumam observar os pontos de coleta às vezes (30%), frequentemente (15%) ou sempre (12%) também costumam entregar pilhas e baterias em pontos de coleta (86%) e fazer a separação do lixo (80%). Esses discentes também afirmam que conhecem bem ou leram sobre o conceito de resíduos sólidos (61%), rejeitos (66%), resíduos perigosos (59%), logística reversa (28%), responsabilidade do consumidor pelo ciclo de vida dos produtos (64%), obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios (33%) e a proibição de queima de resíduos sólidos e rejeitos a céu aberto (84%).

Além disso, 70,5% desses discentes responderam que utilizariam um aplicativo no celular para cadastrar pontos de coletas, 55% fariam o registro do seu descarte neste aplicativo e 48% compartilhariam seu descarte nas redes sociais. De maneira geral, conforme ilustrado na Figura 35, 65% dos participantes da pesquisa cadastrariam pontos de coleta no aplicativo e 50% registrariam seus descartes no aplicativo.

Tabela 4 – Correlações da Variável 52 - ObservarPontos, resultantes da análise estatística

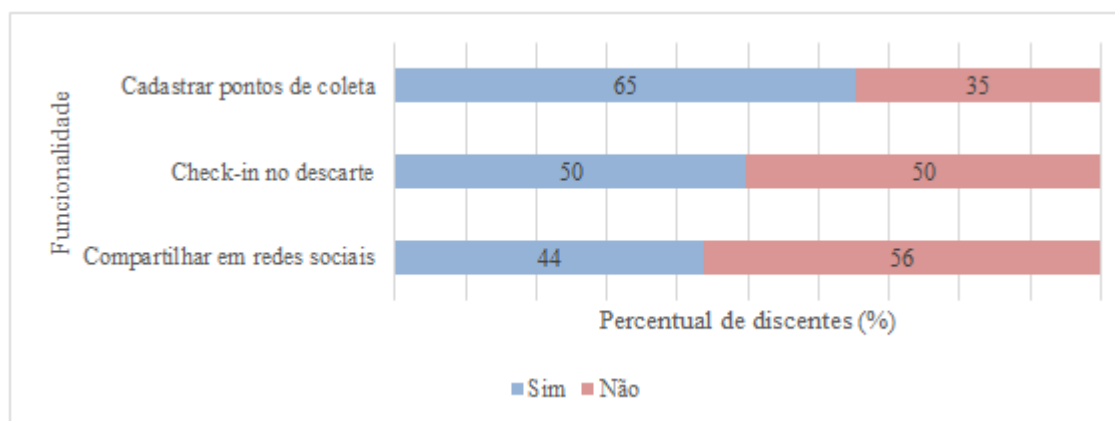
Variável	Significado da variável	x^2
ResiduoSolido	Você sabe o que são Resíduos Sólidos?	0,254**
Rejeito	Você sabe o que são Rejeitos?	0,295**
CicloVida	Você sabe que o consumidor possui responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos?	0,129**
PlanoRS	Você sabe que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem elaborar e divulgar seus Planos de Resíduos Sólidos?	0,239**
ResiduoPerigoso	Você sabe o que são Resíduos Perigosos?	0,176**
LogisticaReversa	Você sabe o que é Logística Reversa?	0,241**
QueimaRS	Você sabe que é proibido queimar resíduos sólidos ou rejeitos a céu aberto ou em recipientes?	0,156**
SepararLixo	Faço a separação do lixo doméstico	0,379**
EntregarPilhas	Entrego pilhas e baterias em pontos de coleta	0,510**

** Correlação significativa ao nível de 0,01 (1%)

Fonte: Autora (2019).

No entanto, assim como os discentes não costumam comentar com seus conhecidos sobre os pontos de coleta, também não compartilhariam seus descartes no aplicativo (56%), indicando que esta funcionalidade não seria essencial. Todavia, entende-se que o compartilhamento poderia incentivar outras pessoas na tomada de atitudes ambientalmente corretas quanto ao descarte de resíduos sólidos.

Figura 35 – Interesse dos discentes na utilização de um aplicativo no celular para cadastrar ponto de coleta e registrar ou compartilhar descartes



Fonte: Autora (2019).

5.3 APLICATIVOS MÓVEIS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES NO MERCADO BRASILEIRO

Para atender ao objetivo específico de identificar os aplicativos móveis relacionados aos resíduos sólidos, entre 8 e 12/04/2019 foram realizadas as pesquisas na Apple Store (plataforma iOS) e na Play Store (plataforma Android) por meio das palavras-chave ‘destinação final’, ‘descarte’, ‘lixo’, ‘rejeito’ e ‘resíduo’. Para ‘destinação final’ e ‘rejeito’ não obteve-se resultado pertinente. Os aplicativos testados estão descritos no Quadro 13 e foram selecionados conforme critérios descritos nos Métodos, a saber: gratuidade, abrangência e localização de pontos de coleta para mais de um tipo de resíduo sólido. No total foram testados sete aplicativos, sendo um somente no iOS, quatro somente no Android e dois em ambas as plataformas. Para a realização dos testes foi utilizado um iPhone 7 com iOS versão 12.2 e um Samsung Galaxy J5 Prime com Android versão 8.0.

Observou-se que somente um dos sete aplicativos foi desenvolvido exclusivamente para a plataforma iOS e dois deles para ambas as plataformas, refletindo a dificuldade de criação e manutenção de aplicativos em múltiplas plataformas. Acredita-se que devido à maioria dos usuários no Brasil utilizar o Android (84,11%) (STATISTA, 2019), os desenvolvedores priorizem esta plataforma. Além disso, o custo para manutenção dos aplicativos na Apple Store (US\$ 99,00 por ano¹) também pode ser um impeditivo se comparado ao custo da Play Store (US\$ 25,00 uma única vez²).

Quadro 13 – Aplicativos testados e classificados por plataforma e palavra-chave

Aplicativo	Plataformas		Palavra-chave		
	iOS	Android	resíduo	lixo	descarte
Ache&Descarte		x			x
Biothanks	x		x		
Descartaê	x	x		x	x
DescarteINFO		x	x		x
EcoMind		x	x		
Heróis da reciclagem		x	x		
Nosso Lixo		x		x	x
Redescarte	x	x			x

Fonte: Autora (2019).

O Quadro 14 apresenta os resultados dos testes que foram norteados pelo conceito de gamificação nos domínios da sustentabilidade e acrescenta o DescarteAqui a título de comparação. As funcionalidades buscadas nos aplicativos foram: disponibilizar informações relacionadas ao descarte ambientalmente adequado de resíduos sólidos; motivar o engajamento por meio da gamificação; permitir a colaboração dos usuários no cadastro e avaliação dos pontos de coleta;

¹ <https://developer.apple.com/programs/how-it-works/>

² <https://play.google.com/apps/publish/signup/>

registrar o descarte de resíduos sólidos; e permitir o compartilhamento em redes sociais. Os testes comprovaram que não encontrou-se, na App Store nem na Play Store, um aplicativo multiplataforma gamificado e colaborativo com todas as funcionalidades descritas.

Quadro 14 – Resultado dos testes de funcionalidades realizados nos aplicativos da pesquisa

Aplicativo	Funcionalidades					
	Inclui ponto de coleta?	Avalia ponto de coleta?	Registra descarte?	Compartilha descarte?	Possui informações?	Gamificado ou colaborativo?
Ache&Descarte	*	*	*	*	*	*
Biothanks	*	*	*	*	*	*
Descartaê	Não	*	*	*	Sim	Não
EcoMind	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Heróis da reciclagem	*	*	*	*	*	*
Nosso Lixo	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Redescarte	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
DescarteAqui	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

* Teste indisponível devido à erro no sistema ou ausência de pontos de coleta.

Fonte: Autora (2019).

O primeiro aplicativo testado foi o Ache&Descarte versão 1.0. Na abertura foi apresentada uma notificação de que não foi possível encontrar pontos de descarte (Figura 36) e o aplicativo foi fechado. De acordo com a descrição na Play Store, o aplicativo Ache&Descarte exibe os pontos de descarte no mapa e ensina como descartar cada um dos tipos. No entanto, não foi possível realizar o teste e verificar as funcionalidades.

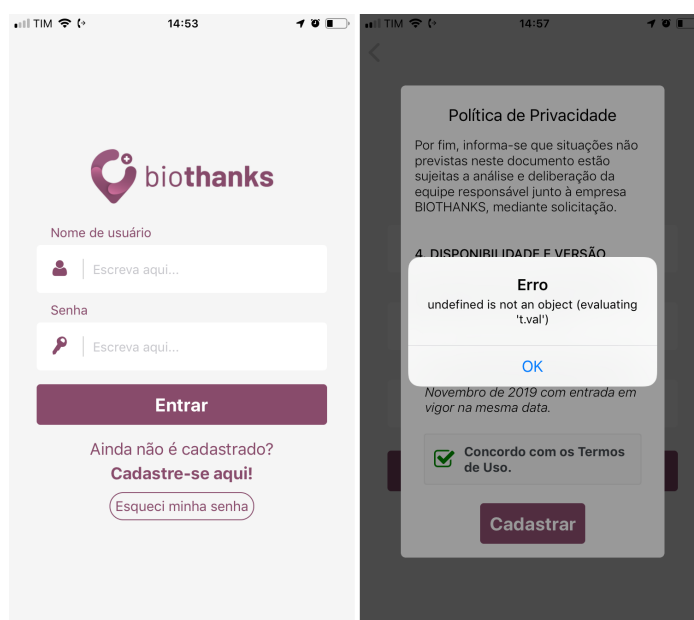
Figura 36 – Mensagem de notificação na abertura do aplicativo Ache&Descarte, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

O aplicativo Biothanks requer o cadastro prévio onde devem ser informados o nome, a senha e a representação ('Eu mesmo' ou 'Uma empresa'). Em seguida são solicitados nome completo, e-mail e CPF, para pessoa física, e nome fantasia, e-mail e CNPJ, para pessoa jurídica. Na confirmação é apresentada a Política de Privacidade e enviado um e-mail para validação da conta. Para a conta pessoa jurídica o aplicativo apresentou um erro de sistema (Figura 37). Como o e-mail não foi recebido, a tentativa de *login* com o usuário e senha cadastrados inicialmente foi inválida e a função de recuperar senha também apresentou erro de sistema, impossibilitando o teste. Segundo a descrição na App Store, o aplicativo conecta clientes e coletadores de todos os tipos de resíduos.

Figura 37 – Tela inicial e mensagem de erro na conclusão do cadastro de pessoa jurídica no aplicativo Biothanks, no iPhone 7

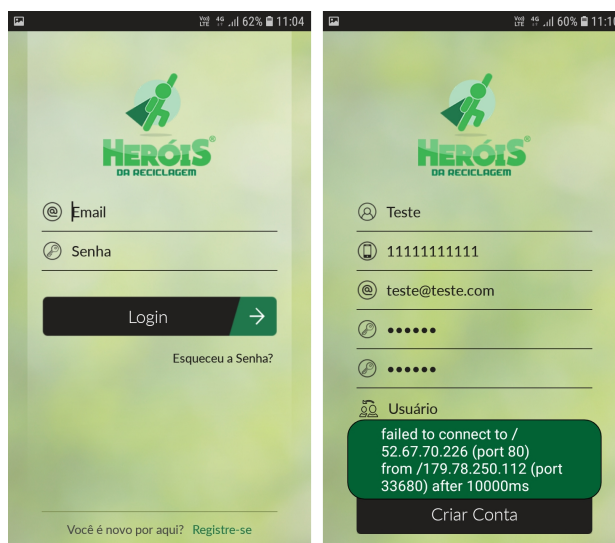


Fonte: Autora (2019).

O aplicativo Heróis da Reciclagem (versão 1.0) requer um cadastro prévio onde são solicitados o nome, celular, e-mail, senha, tipo de usuário (Usuário ou Coletor) e nome da empresa (opcional). Segundo a descrição, o aplicativo permite que consumidores cadastrem materiais recicláveis para serem coletados por catadores que, por sua vez, possuem um acesso específico para visualizarem as localizações indicadas para coleta. No entanto, o aplicativo apresentou um erro na conclusão do cadastro (Figura 38), impossibilitando os testes.

No aplicativo Descartaê, versão 1.0.2 (Figura 39), os dados são cadastros por bibliotecários por meio de um projeto chamado 'Feito na Biblioteca' que atualmente contempla o Rio Grande do Sul e a Grande Belo Horizonte/MG. Diante disso, conclui-se que não se trata de um aplicativo colaborativo e conseqüentemente não permite a inclusão de pontos de coleta. Solicita permissão de acesso ao recurso de localização do celular, que é utilizado na abertura do aplicativo para verificar pontos de coleta na região.

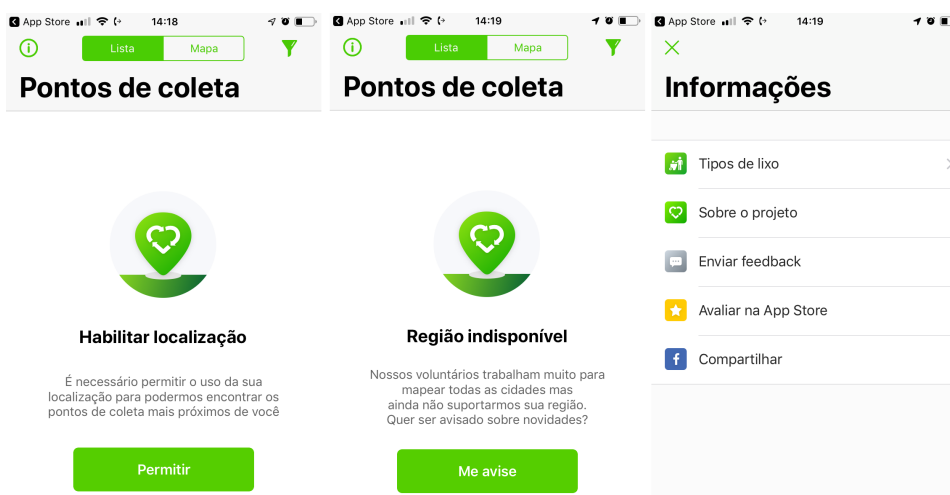
Figura 38 – Tela inicial e cadastro com mensagem de erro no aplicativo Heróis da Reciclagem, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

Devido a indisponibilidade na região testada, não foi possível acessar todas as funcionalidades do aplicativo, mas segundo a descrição na App Store e na Play Store, é possível localizar o ponto de coleta e traçar uma rota até o mesmo. Foi possível verificar que o aplicativo apresenta o projeto por meio do redirecionamento do usuário para uma página *web*; permite envio de *feedback* sobre o aplicativo; redireciona o usuário para classificação na loja de aplicativos; permite compartilhamento do link do aplicativo na loja de aplicativos pelas redes sociais como meio de divulgação; permite filtrar os pontos de coleta pelo tipo do resíduo; e disponibiliza informações sobre alguns resíduos sob a forma de ‘Tipos de Lixo’ e os divide em: alumínio, orgânico, óleo de cozinha, lixo eletrônico, móvel, vidro, lixo verde, resíduo perigoso, papel e papelão, plástico, pilhas e baterias e medicamentos.

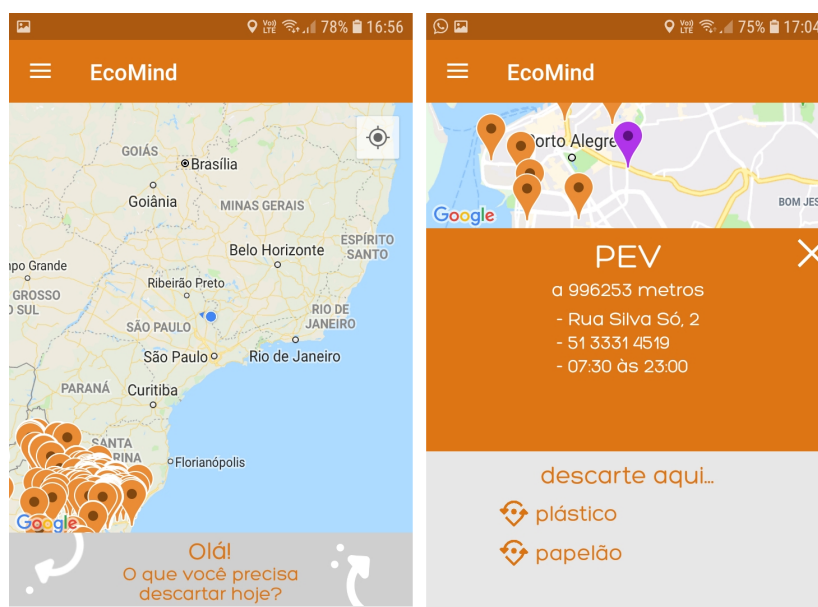
Figura 39 – Telas iniciais e menu do aplicativo Descartaê, no iPhone 7



Fonte: Autora (2019).

O EcoMind solicita permissão de acesso à localização e na sua abertura carrega o mapa indicando a localização do usuário e os pontos de coleta cadastrados no aplicativo que, até o momento, estão restritos ao Rio Grande do Sul. O usuário pode selecionar a categoria do resíduo que deseja descartar (alumínio, baterias, chapas raio-x, construção, eletrônicos, isopor, lâmpadas, madeira, medicamentos, metal, móveis, óleo de cozinha, papelão, pilhas, plástico, pneus, podas e vidros) ou a cidade onde deseja descartar. O aplicativo disponibiliza os resíduos que o ponto de coleta recebe, o endereço e a opção de visualizar a localização no Google Maps ³ (Figura 40).

Figura 40 – Tela inicial e detalhes do ponto de coleta no aplicativo EcoMind, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

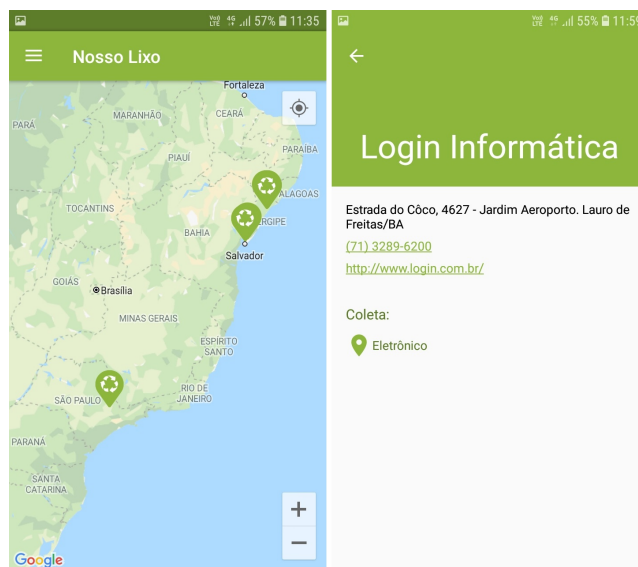
No entanto, algumas das características descritas na Play Store não estão disponíveis na versão 1.0.3, a saber: informações sobre descarte e reutilização correta de resíduos; compartilhamento das atividades de descarte e consequente acúmulo de pontos para um ranking do aplicativo; indicação de pontos de coleta; e sugestão de atualização de pontos de coleta existentes. Todavia, devido à proximidade da descrição do aplicativo com as características gamificadas do aplicativo proposto neste trabalho, em 15/04/2019 realizou-se contato pelo e-mail disponível no aplicativo questionando a indisponibilidade dessas funções (Anexo A), mas não obteve-se resposta. No dia 25/07/2019 foram realizados novos testes na versão 1.0.4 disponibilizada em junho de 2019, mas as funcionalidades supracitadas não foram implementadas no aplicativo.

O Nosso Lixo (versão 1.0.2) requer acesso à localização. Na abertura é exibido o mapa com os pontos de coleta cadastrados com o foco na posição do usuário. Ao acessar o ponto de coleta são exibidos os resíduos recebidos, o endereço, telefone *site* (Figura 41). O aplicativo divide os resíduos nas seguintes categorias: borracha, calça, cerâmica, eletrônico, gesso, jornal,

³ <https://www.google.com/maps>

longa vida, madeira, metal, óleo de cozinha, papelão, papel branco, plástico, resíduos arbóreos, terra e vidro. Segundo sua descrição, o aplicativo mapeia os pontos de coleta de lixo reciclável e recebe colaboração dos usuários por meio de envio de informações por e-mail.

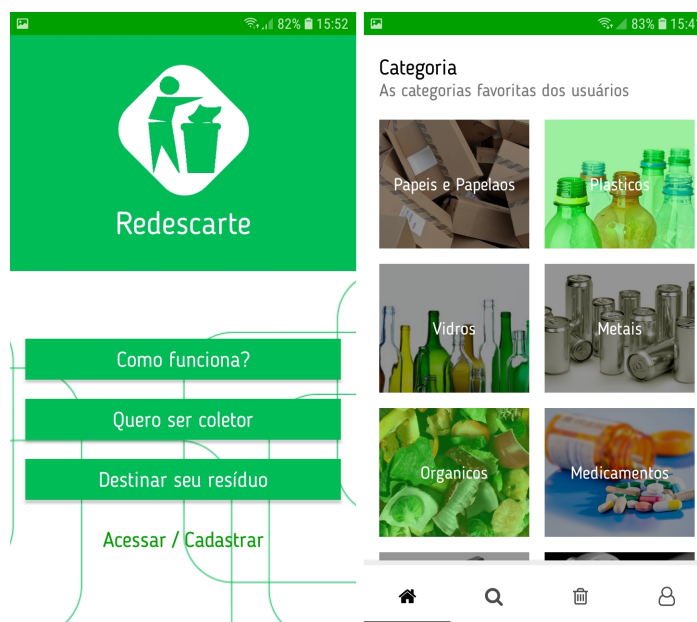
Figura 41 – Tela inicial e detalhes do ponto de coleta no aplicativo Nosso Lixo, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

O Redescarte (versão 2.1) requer um cadastro de usuário e também permite que uma empresa se cadastre como ponto coletor de resíduos (Figura 42). Segundo sua descrição, ele pode contribuir com diversas ações, dentre elas: promover ações contra poluição e de preservação do meio ambiente, promover a reciclagem e transformar um negócio existente em sustentável.

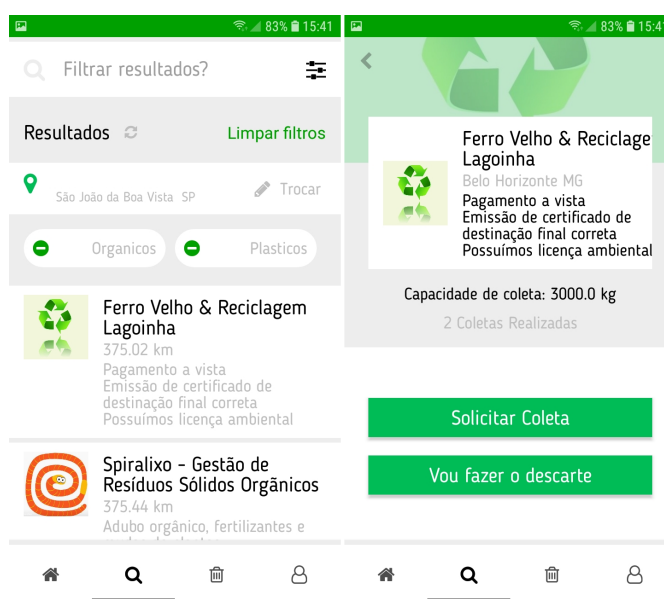
Figura 42 – Tela inicial, antes e depois do cadastro, no aplicativo Redescarte, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

O *layout* da tela não permitiu a conclusão do cadastro no iPhone 7, mas o acesso funcionou normalmente. Na página principal do aplicativo os resíduos são classificados em papéis e papelão, plásticos, vidros, metais, orgânicos, medicamentos, pilhas e baterias, lâmpadas, eletrônicos e eletrodomésticos, óleos automotivos e óleos de cozinha usados. O usuário seleciona a categoria e são exibidos os pontos de coleta com a distância em quilômetros do endereço fornecido no cadastro. Selecionado o ponto de coleta, o usuário pode solicitar a retirada por meio de agendamento ou registrar o descarte informando a quantidade em quilos e a categoria do resíduo, dentre as previamente cadastradas pela empresa (Figura 43).

Figura 43 – Listagem de pontos de coleta e opções de descarte no aplicativo Redescarte, no Samsung Galaxy J5 Prime



Fonte: Autora (2019).

5.4 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL MULTIPLATAFORMA, GAMIFICADO E COLABORATIVO NA ÁREA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O aplicativo foi projetado segundo os conceitos de gamificação para os domínios da sustentabilidade, cujos propósitos são apoiar e encorajar atitudes sustentáveis por meio da mudança de comportamento (MORA et al., 2015; SEABORN; FELLS, 2015). É colaborativo, pois os próprios usuários farão a inclusão e avaliação dos locais de disposição.

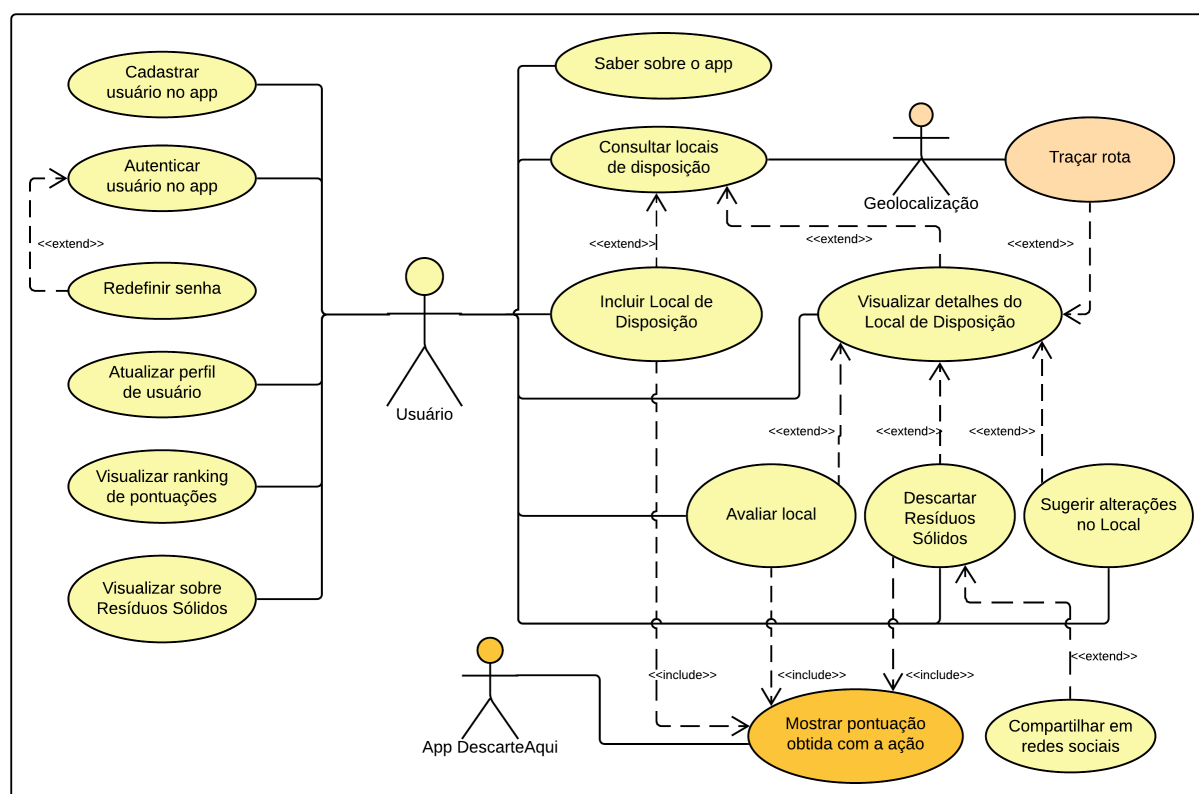
As funcionalidades do aplicativo ilustradas no Diagrama de Casos de Usos (Figura 44), elaborado na ferramenta *online* Lucidchart ⁴, foram definidas considerando-se as funções testadas nos aplicativos móveis sobre resíduos sólidos na seção anterior e nos resultados da pesquisa de campo que indicaram que 65% da amostra pesquisada cadastrariam um ponto de coleta, 50%

⁴ <https://www.lucidchart.com>

registrariam seus descartes e 44% compartilhariam em redes sociais. Além disso, adicionou-se funcionalidades para melhorar a experiência do usuário, a saber: visualizar locais de disposição por meio de uma listagem ou pelo mapa; traçar rota até o local; cadastrar endereço do local por meio de marcação no mapa; sugerir alterações no cadastro de locais de disposição; visualizar regras de pontuação de maneira clara e objetiva; e consultar o *ranking* de pontuações.

No diagrama, os bonecos indicam os atores das ações que estão representadas nas formas ovais; o termo *extend* indica uma opção para a ação que recebe a seta, por exemplo, o usuário ao consultar os locais de disposição pode, opcionalmente, incluir um local de disposição e/ou visualizar detalhes do local de disposição selecionado; e o termo *include* indica que ação que recebe a seta é consequência daquela a que está associada, por exemplo, ao incluir um local de disposição o aplicativo exibe uma mensagem com a pontuação obtida.

Figura 44 – Diagrama de Casos de Usos para o aplicativo DescarteAqui



Fonte: Autora (2020).

Para incentivar o engajamento, optou-se pelos seguintes elementos de jogos apresentados por Seaborn e Fels (2015) para este domínio: conquistas (medalhas de acordo com a pontuação), *feedback* (sugestão de alterações e avaliação), pontos (nos cadastros, avaliações e descartes), *ranking* (como incentivo) e recompensa (liderança pelo engajamento).

As próximas seções apresentam a Documentação dos Casos de Uso e Infraestrutura de desenvolvimento. Os testes foram realizados no *smartphone* Samsung Galaxy J5 Prime.

5.4.1 Documentação dos Casos de Uso

Com exceção das funções de cadastro de novo usuário, *login* e recuperação de senha, as demais funcionalidades são acessadas mediante autenticação do usuário. Para incluir um novo usuário é necessário acessar o botão ‘Criar nova conta’ na tela de *Login*, preencher todos os dados e confirmar, conforme caso de uso descrito no Quadro 15 e ilustrado na Figura 45.

Quadro 15 – Caso de uso 1: Cadastrar usuário no app

Nome do caso de uso:	Cadastrar usuário no app
Breve descrição:	Incluir novo usuário no sistema.
Pré-condição:	E-mail e apelido informados não devem constar no cadastro.
Cenário principal:	Usuário informa todos os dados, sistema realiza o cadastro com sucesso, envia mensagem de confirmação de cadastro no e-mail informado e exibe a tela de <i>login</i> .
Cenários alternativos:	#1 Usuário não preenche todos os dados. #2 E-mail com formato inválido e/ou já consta no cadastro. #3 Apelido informado já consta no cadastro. #4 Senha informada não possui pelo menos seis caracteres. #5 Senha e repetição de senha diferentes. #6 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 45 – Tela de cadastro de novo usuário

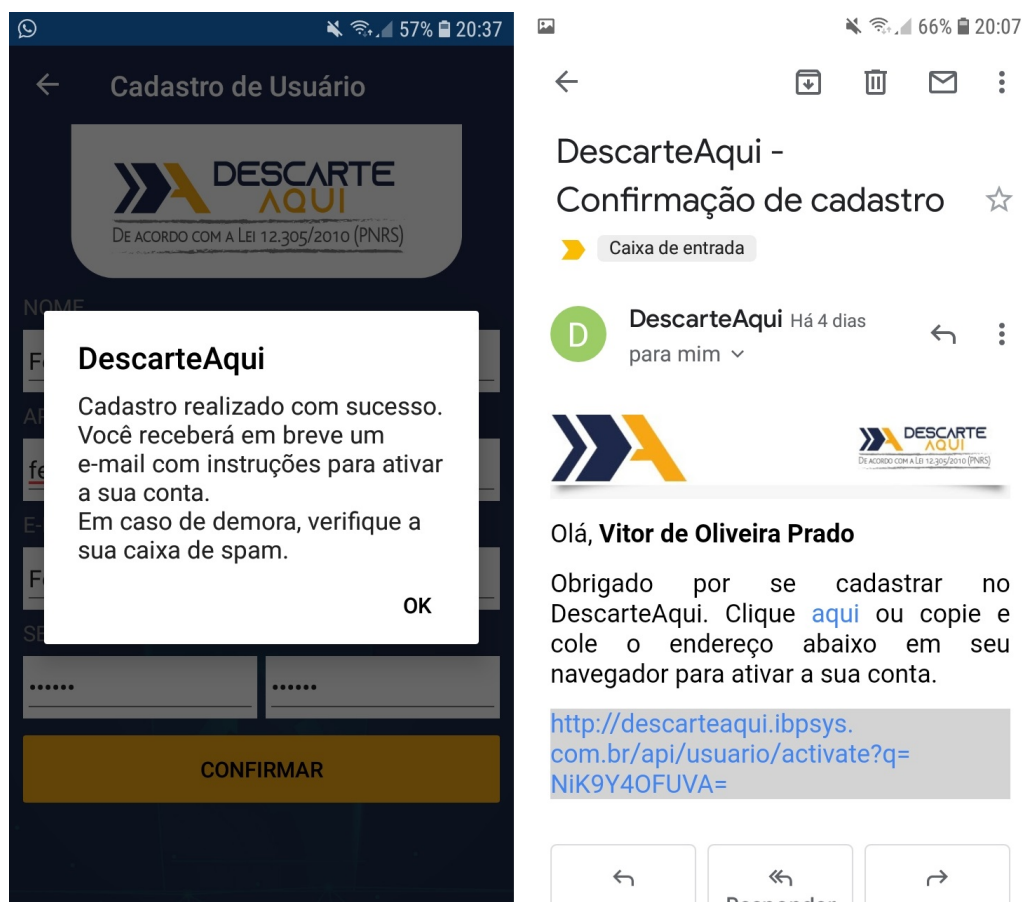
The figure displays two screenshots of the 'Descarte Aqui' mobile application. The left screenshot shows the login screen with the app logo, a welcome message 'SEJA BEM-VINDO(A)', and input fields for 'apelido ou e-mail' and 'senha'. Below these fields are buttons for 'LOGIN', 'OU', and 'CRIAR NOVA CONTA', along with a link for 'Esqueci minha senha'. The right screenshot shows the 'Cadastro de Usuário' screen, which includes the app logo and a registration form with fields for 'NOME' (Nome e sobrenome), 'APELLIDO' (Para ser exibido nos check-ins), 'E-MAIL' (Informe um e-mail válido), and 'SENHA' (Mín. 6 caracteres) with a corresponding 'REPETIR SENHA' field. A 'CONFIRMAR' button is located at the bottom of the form.

Fonte: Autora (2020).

A senha deve possuir pelo menos seis caracteres. Além disso, o sistema não permite mais de um cadastro com o mesmo apelido ou e-mail, pois utiliza esses dados para garantir a unicidade do usuário. O apelido do usuário é visualizado nas avaliações e no *ranking*.

Concluído o cadastro, o sistema exibe uma mensagem ao usuário e envia um e-mail para confirmação (Figura 46). A autenticação somente será possível após esta confirmação.

Figura 46 – Telas com mensagens de confirmação de cadastro



Fonte: Autora (2020).

O caso de uso ‘Autenticar usuário no app’ (Quadro 16) se refere ao *login* do usuário, onde devem ser informados o e-mail ou apelido e a senha previamente cadastrados. Se o usuário informar dados incorretos, o sistema exibirá a mensagem ‘Usuário ou senha inválidos’. A mensagem é abrangente por uma questão de segurança, evitando fornecer informações que possam auxiliar usuários mal intencionados.

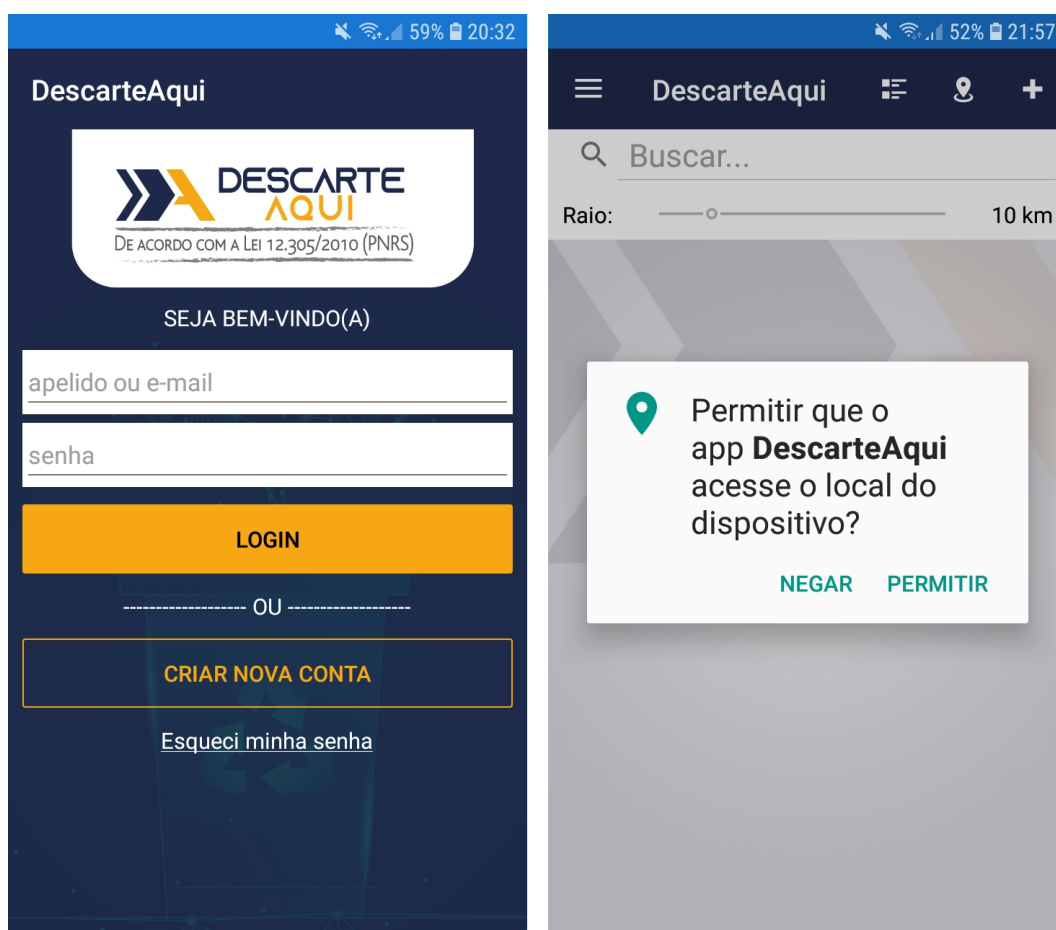
Quando o *login* é efetuado com sucesso, o aplicativo apresenta a tela principal com os locais de disposição cadastrados em um raio de até 50 (cinquenta) quilômetros. Caso seja o primeiro acesso do usuário, o aplicativo solicitará permissão para acessar os recursos de localização do dispositivo. Sem esta permissão, o aplicativo não tem condições de preencher a lista com os locais de disposição nem de marcar estes locais no mapa. A Figura 47 apresenta a tela de *login* e a mensagem de solicitação de permissão de acesso aos recursos de localização.

Quadro 16 – Caso de uso 2: Autenticar usuário no app

Nome do caso de uso:	Autenticar usuário no app
Breve descrição:	Efetuar a autenticação do usuário no sistema. Devem ser informados o e-mail ou apelido e a senha.
Pré-condição:	Usuário ter efetuado o cadastro no sistema e realizado a confirmação via e-mail.
Cenário principal:	Usuário preenche o e-mail ou apelido e a senha; seleciona a opção ‘Login’; o sistema realiza a autenticação com sucesso e exibe a tela inicial do aplicativo.
Cenários alternativos:	#1 Usuário não preenche todos os dados. #2 E-mail informado está com formato inválido. #3 E-mail ou apelido informados não constam no cadastro. #4 Senha informada é inválida. #5 Usuário optar por Recuperar senha (Caso de uso 3) #6 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 47 – Telas de autenticação do usuário e permissão de acesso aos recursos de localização



Fonte: Autora (2020).

Para ‘Redefinir senha’ (Quadro 17) o usuário deverá informar o e-mail ou apelido e selecionar a opção ‘Esqueci minha senha’. Será exibida uma mensagem e enviado um e-mail

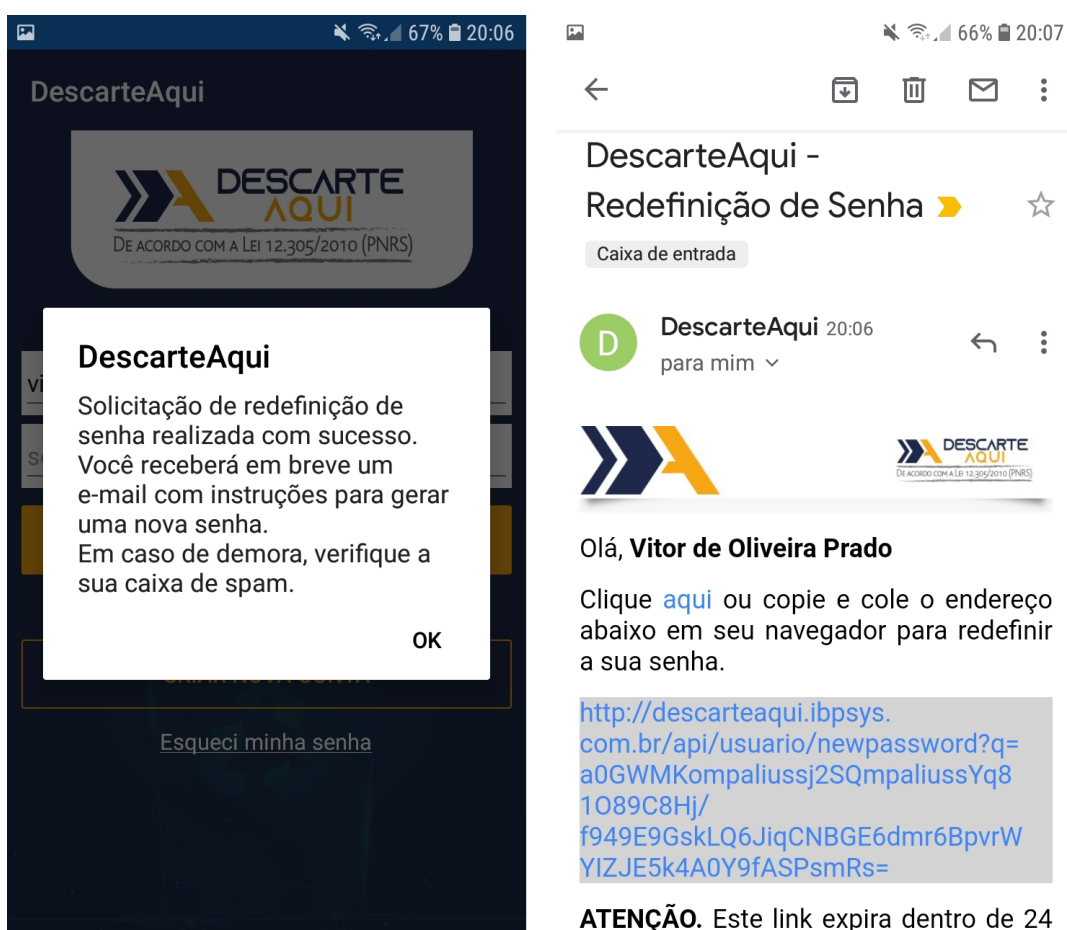
com as orientações para redefinição da senha, conforme ilustrado na Figura 48.

Quadro 17 – Caso de uso 3: Redefinir senha

Nome do caso de uso:	Redefinir senha
Breve descrição:	Enviar e-mail para que usuário possa criar uma nova senha.
Pré-condição:	Usuário estar cadastrado no sistema.
Cenário principal:	Usuário preenche o e-mail ou apelido e seleciona opção ‘Esqueci minha senha’; sistema envia e-mail com o link para redefinição da senha; usuário segue orientações e cria nova senha com sucesso.
Cenários alternativos:	#1 Usuário não preenche o e-mail ou apelido. #2 E-mail informado está com formato inválido. #3 E-mail/apelido informado não consta no cadastro. #4 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 48 – Telas com orientações para redefinição de senha

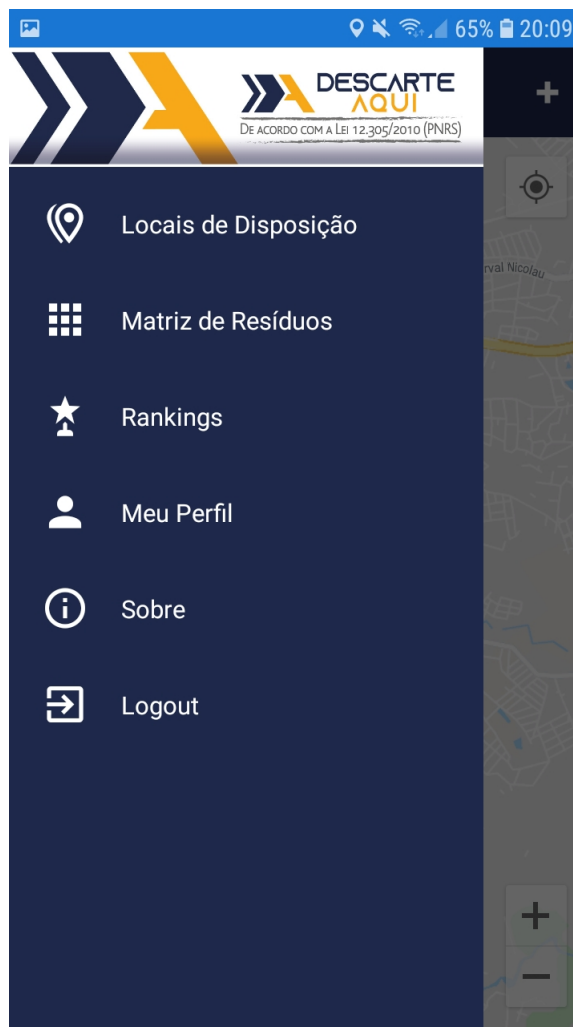


Fonte: Autora (2020).

A tela principal do aplicativo possui a relação dos locais de disposição cadastrados, a opção de incluir um novo local e o acesso às demais funcionalidades por meio do menu. O menu de opções (Figura 49) pode ser acessado no canto superior esquerdo da tela e permite acesso aos

locais de disposição (tela principal do aplicativo), à matriz de resíduos, aos rankings, ao perfil do usuário, às informações sobre o aplicativo e à função de *logout*.

Figura 49 – Tela do menu de acesso às funcionalidades do aplicativo



Fonte: Autora (2020).

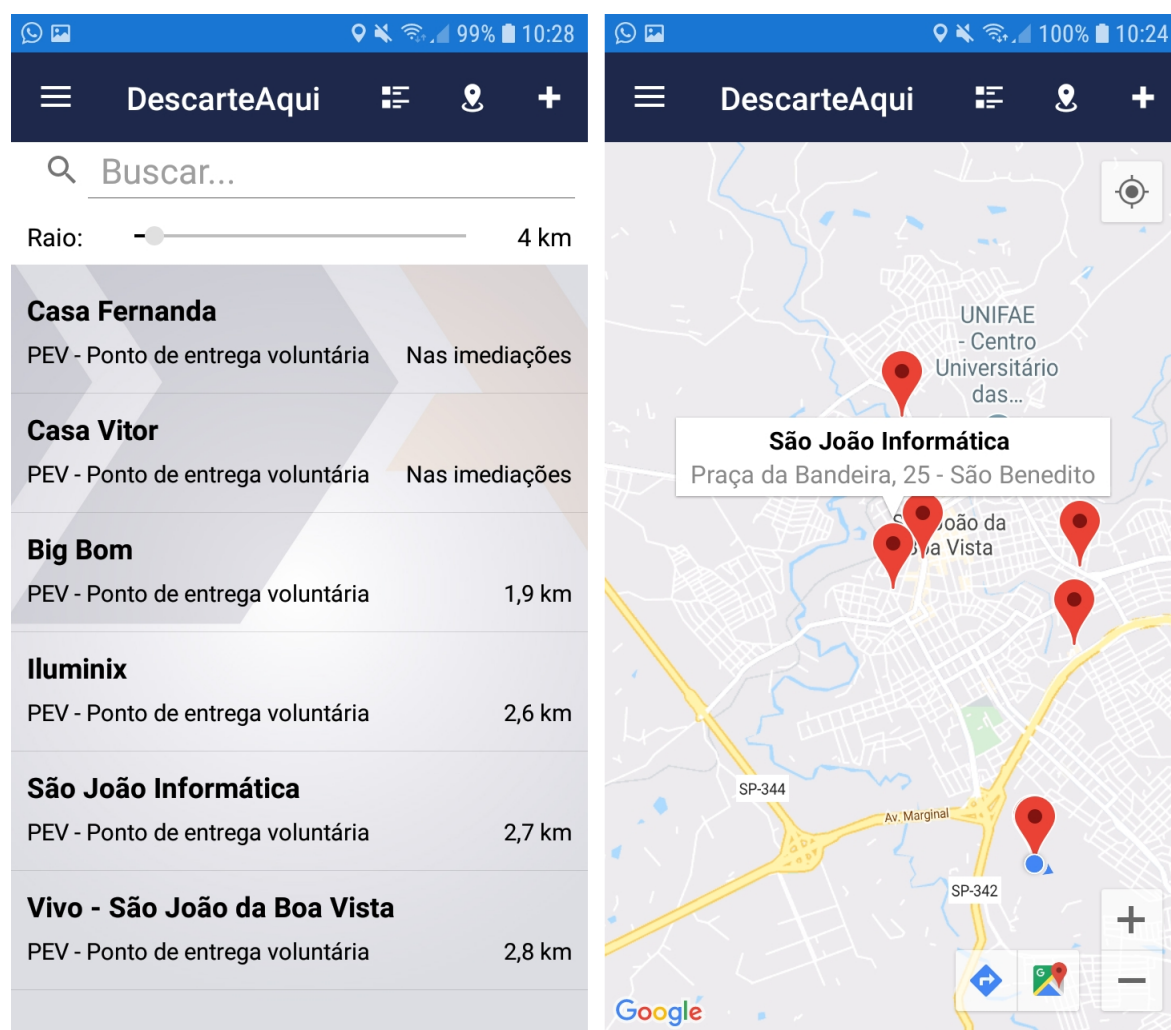
A funcionalidade de ‘Consultar locais de disposição’ (Quadro 18) está disponível na tela principal do aplicativo. Pode ser utilizada em duas visões: listagem dos locais em um raio de até 50 (cinquenta) quilômetros de distância ou pelo mapa, por meio da API do Google Maps, utilizando as funções de *zoom* com os dedos (Figura 50). Na opção de listagem, além de o usuário poder utilizar o filtro da distância, por meio do campo de texto ‘Buscar’ o aplicativo permite a pesquisa por tipo de local de disposição (Aterro controlado; Aterro de reservação; Aterro industrial; Aterro sanitário; Ecoponto para RCC; Lixão; e Ponto de entrega voluntária (PEV)) e pelo nome do local.

Quadro 18 – Caso de uso 4: Consultar locais de disposição

Nome do caso de uso:	Consultar locais de disposição
Breve descrição:	Consultar locais de disposição com as opções de filtrar resultados por distância, tipo e nome do local; visualizar pelo mapa, utilizando as funções de <i>zoom</i> por meio dos dedos; cadastrar novo local; e acessar demais funcionalidades pelo menu.
Pré-condição:	Usuário abrir o aplicativo e permitir que ele acesse sua localização.
Cenário principal:	Sistema utiliza posição atual do usuário para listar os locais de disposição cadastrados na sua região. O usuário pode visualizar detalhes do ponto de coleta (Caso de uso 6), incluir novo ponto de coleta (Caso de uso 5), visualizar sobre resíduos sólidos (Caso de uso 13), visualizar <i>ranking</i> de pontuação (Caso de uso 14), atualizar perfil (Caso de uso 15) e/ou saber sobre o app (Caso de uso 16).
Cenários alternativos:	#1 Usuário não permite acesso do aplicativo à sua localização. #2 Erro no acesso à API do Google Maps. #3 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 50 – Tela principal do aplicativo: Locais de disposição



Fonte: Autora (2020).

Se o usuário optar por ‘Incluir local de disposição’ (Quadro 19), será exibida uma tela para preenchimento dos campos obrigatórios: nome, tipo, endereço e resíduo(s) que recebe (Figura 51). O endereço será cadastrado automaticamente de acordo com a localização do usuário e poderá ser completado com dados de número e complemento. Opcionalmente o usuário poderá informar o telefone, horário de funcionamento e indicar se o local cobra para a disposição de resíduos ou se compra resíduos. O tipo do local de disposição determina os resíduos que poderão ser atribuídos ao local. Foram relacionados todos os resíduos sólidos aos tipos ‘Aterro Controlado’ e ‘Lixão’, que apesar de estarem em processo de encerramento, 2.402 municípios possuem este tipo de disposição, segundo o Observatório dos Lixões ⁵.

Quadro 19 – Caso de uso 5: Incluir local de disposição

Nome do caso de uso:	Incluir local de disposição
Breve descrição:	Cadastrar novo local de disposição e informar conteúdo para campos obrigatórios: nome, tipo, endereço e resíduo(s) que recebe. Opcionalmente o usuário pode informar o telefone, o horário de funcionamento e indicar se o local cobra para a disposição de resíduos ou se compra resíduos.
Pré-condição:	Usuário selecionar a opção de incluir local de disposição na tela principal (Caso de uso 4).
Cenário principal:	Aplicativo apresenta os campos sem preenchimento com exceção do endereço; o endereço é preenchido automaticamente de acordo com a latitude e longitude do usuário, que poderá completar com número e complemento; o usuário preenche o nome e seleciona o tipo do local para que a listagem de resíduos sólidos seja carregada; usuário seleciona o(s) resíduo(s) e, opcionalmente, informa o telefone, horário de funcionamento e indica se o local cobra pela disposição e/ou compra resíduos. Ao confirmar, o sistema atualiza o <i>ranking</i> de pontuação do usuário, exibe uma mensagem com a pontuação obtida (Caso de uso 11) e exibe a tela principal de Locais de disposição. Usuário recebe 3 pontos pela inclusão.
Cenários alternativos:	#1 Usuário cancela a inclusão. #2 Usuário não preenche os campos obrigatórios. #3 Recurso de localização desabilitado. #4 Erro na confirmação do cadastro. #5 Erro na atualização da pontuação. #6 Erro na exibição da mensagem com pontuação obtida. #7 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Para ‘Visualizar detalhes do Local de Disposição’ (Quadro 20), o usuário deverá selecionar o local na listagem ou no mapa da tela principal. Será exibida uma tela com todos os dados de cadastro (Figura 52) e mais quatro funcionalidades: traçar rota (Caso de uso 7); avaliar o local (Caso de uso 8); sugerir alterações (Caso de uso 12); e realizar descarte (Caso de uso 9).

⁵ <http://www.lixoes.cnm.org.br/>

Figura 51 – Tela de cadastro de local de disposição

Novo Local

Nome do Local

Tipo de local

Selecionar tipo

Cobra descarte Compra resíduos

Endereço

Rua João Gilberto Prado, - Jardim Almeida

Cidade

São João da Boa Vista

UF

São Paulo

País

Brasil

Resíduos recebidos

Selecionar Resíduos

Buscar...

Resíduos recebidos (toque para incluir)

- Lâmpadas
- Lata de alumínio
- Lata de óleo, leite, atum, etc.
- Madeira
- Medicamentos veterinários e suas embalagens
- Metal
- Óleo comestível
- Óleo lubrificante usado ou contaminado
- Papelão

Resíduos selecionados (toque para remover)

- Lata de alumínio
- Metal

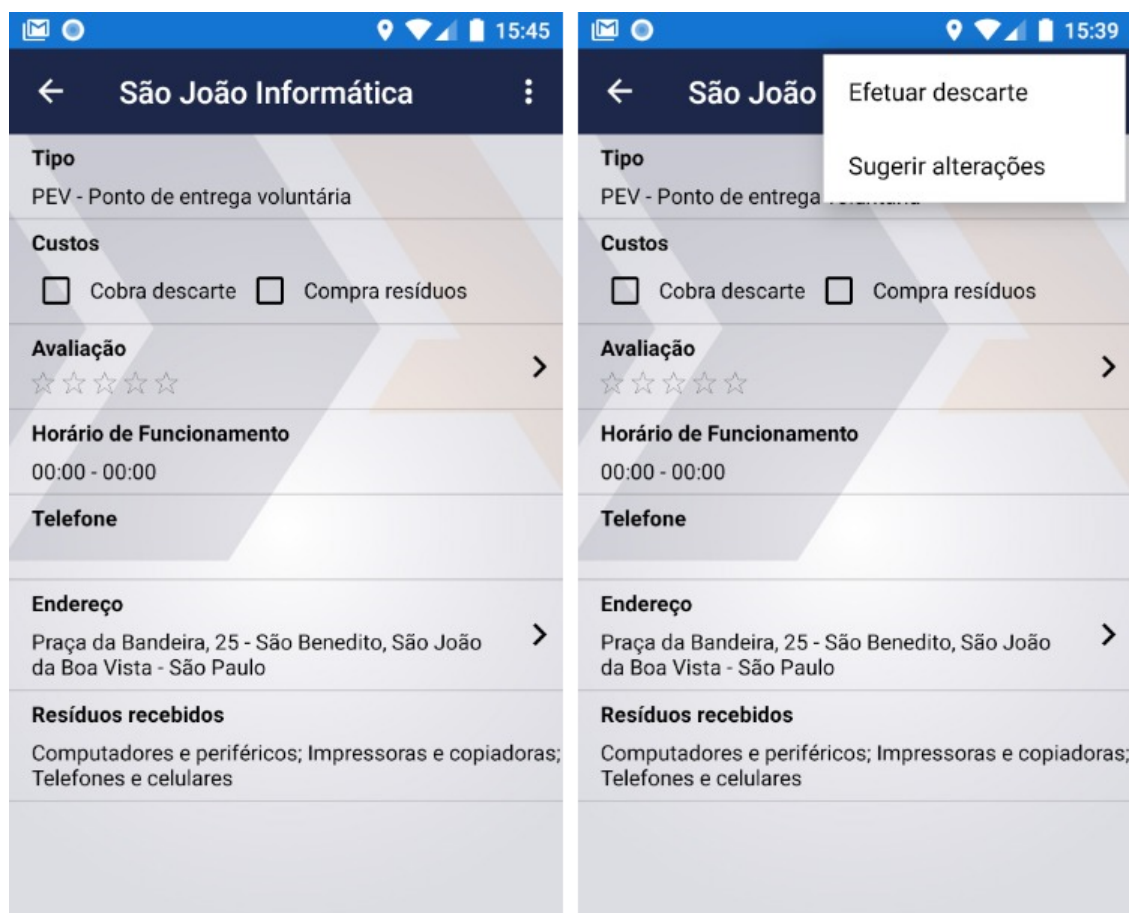
Fonte: Autora (2020).

Quadro 20 – Caso de uso 6: Visualizar detalhes do local de disposição

Nome do caso de uso:	Visualizar detalhes do local de disposição
Breve descrição:	Visualizar dados cadastrais do local selecionado e oferecer opção para o usuário traçar rota, avaliar o local, sugerir alterações e/ou realizar descarte.
Pré-condição:	Usuário selecionar o local de disposição na tela principal do aplicativo (Caso de uso 4).
Cenário principal:	Sistema carrega todas as informações do ponto de coleta e disponibiliza as funções de traçar rota (Caso de uso 7), avaliar o local (Caso de uso 8), sugerir alterações (Caso de uso 12) e/ou realizar descarte (Caso de uso 9).
Cenários alternativos:	#1 Erro para exibir dados do local #2 Erro no redirecionamento para o navegador de localização. #3 Erro na habilitação da opção de avaliação. #4 Erro na abertura da tela de sugestão de alteração. #5 Erro na abertura da tela de descarte. #6 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 52 – Tela de detalhes do local de disposição



Fonte: Autora (2020).

A funcionalidade ‘Traçar rota’ (Quadro 21) é executada quando o usuário toca sobre o endereço na tela de detalhes de um local de disposição (Caso de uso 6). O aplicativo acessa o aplicativo padrão de mapas, passa as coordenadas cadastradas e entra no modo ‘Dirigir’, conforme ilustrado na Figura 53.

Quadro 21 – Caso de uso 7: Traçar rota

Nome do caso de uso:	Traçar rota
Breve descrição:	Abrir o aplicativo padrão de mapas com endereço do local de disposição no modo ‘Dirigir’.
Pré-condição:	Usuário selecionar o endereço do local de disposição.
Cenário principal:	Usuário seleciona o endereço e aplicativo acessa o aplicativo padrão de mapas, passa as coordenadas cadastradas e entra no modo ‘Dirigir’.
Cenários alternativos:	#1 Recurso de localização desabilitado. #2 Erro no redirecionamento para o aplicativo de mapas. #2 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 53 – Tela do aplicativo padrão de mapas no modo Dirigir



Fonte: Autora (2020).

Na tela de detalhes do local de disposição, o campo ‘Avaliação’ é representado por meio de estrelas. Estas estrelas são preenchidas à medida que os usuários realizam as avaliações, exibindo a média de todas as notas atribuídas que variam de 1 a 5. Ao tocar em ‘Avaliação’ o aplicativo abre a tela de avaliar local, documentada no Quadro 22 e ilustrada na Figura 54.

Ainda na tela de detalhes do local de disposição, o usuário pode acessar o menu com as opções de ‘Efetuar descarte’ e ‘Sugerir alterações’, documentados respectivamente nos Quadros 23 e 24 e ilustrados nas Figuras 55 e 56.

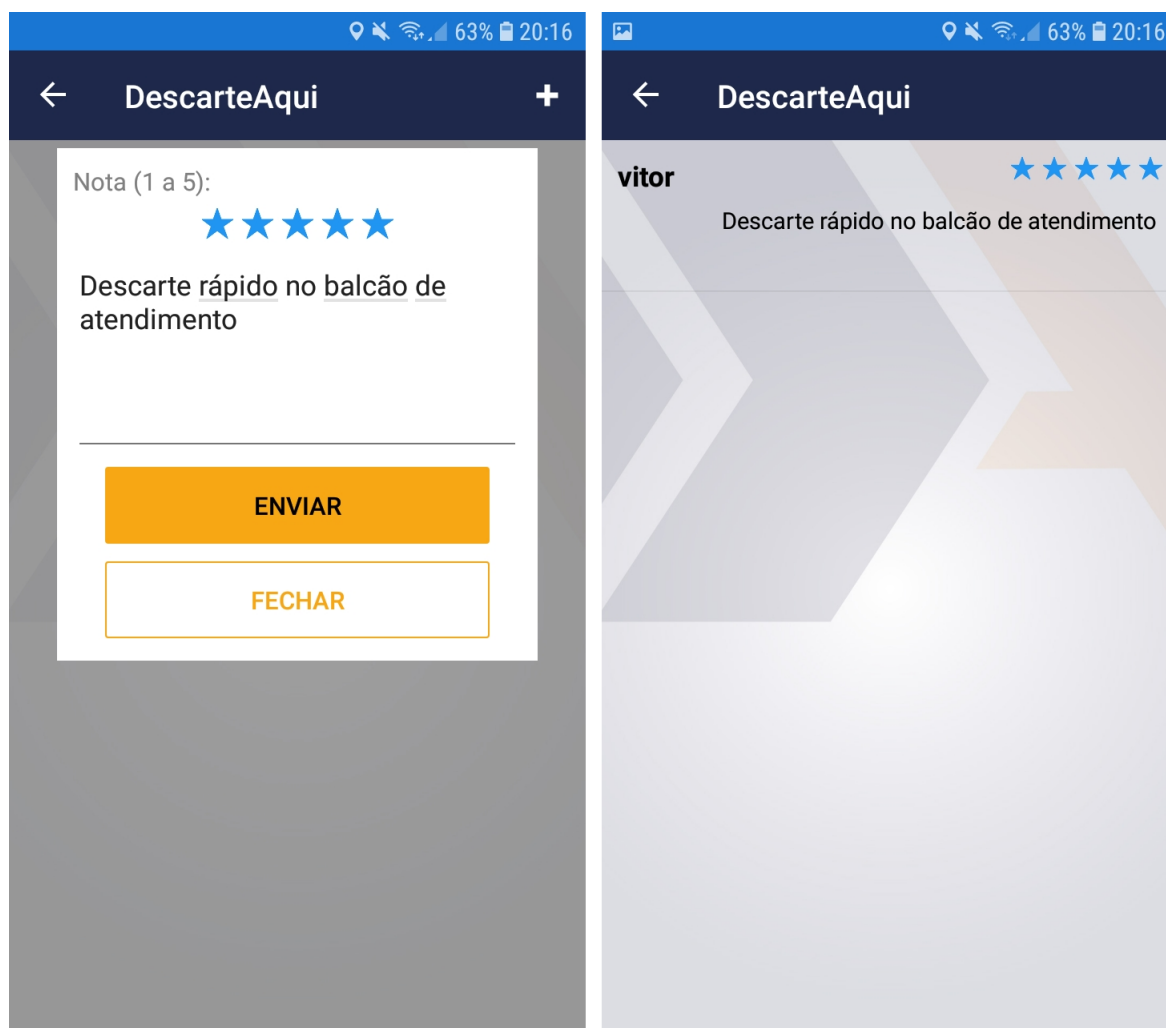
No primeiro caso, a relação de resíduos apresentadas ao usuário serão os mesmos cadastrados no local de disposição. O usuário deve selecionar os que deseja e salvar ou cancelar o descarte. Ao efetuar o descarte, o usuário conquista 2 pontos e o aplicativo exibe a mensagem com a sua pontuação (Caso de Uso 11) e a possibilidade de compartilhar o local de disposição por meio das redes sociais (Caso de uso 12). Quanto ao segundo caso, o usuário deve descrever as alterações sugeridas que, por sua vez, serão enviadas por e-mail ao administrador do aplicativo e salvas no banco de dados.

Quadro 22 – Caso de uso 8: Avaliar local de disposição

Nome do caso de uso:	Avaliar local de disposição
Breve descrição:	Avaliar local de disposição e inserir comentário.
Pré-condição:	Usuário tocar campo de Avaliação na visualização dos detalhes do local de disposição.
Cenário principal:	Usuário toca no campo de Avaliação, visualiza as avaliações já realizadas, seleciona a opção incluir, marca as estrelas, preenche os comentários e salva a avaliação. O sistema exibe uma mensagem com a pontuação obtida (Caso de uso 11) e exibe a listagem das avaliações. Para cada local de disposição é permitida uma avaliação por usuário. O usuário recebe 2 pontos pela avaliação.
Cenários alternativos:	#1 Usuário cancela a avaliação. #2 Usuário não preenche os campos obrigatórios. #3 Erro na confirmação da avaliação. #5 Erro na atualização da pontuação. #6 Erro na exibição da mensagem com pontuação obtida. #7 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 54 – Tela de avaliação do local de disposição



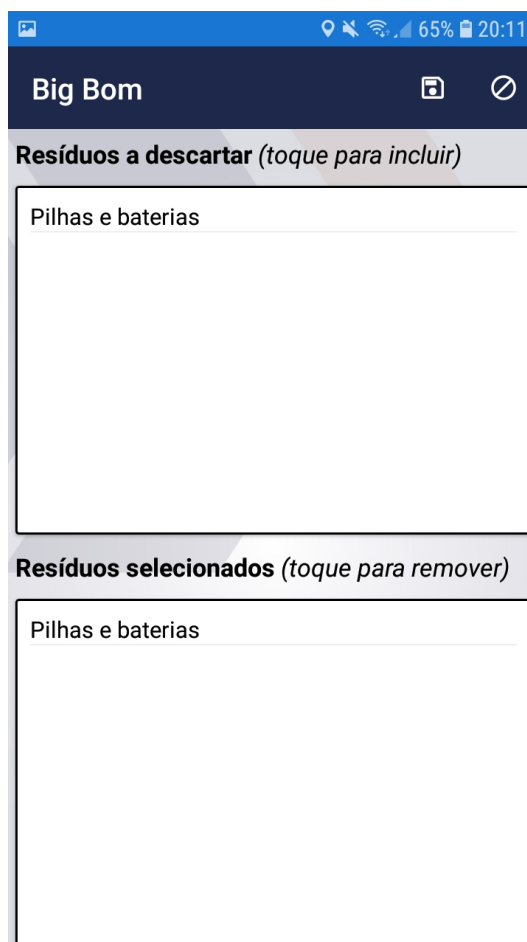
Fonte: Autora (2020).

Quadro 23 – Caso de uso 9: Descartar Resíduos Sólidos

Nome do caso de uso:	Descartar Resíduos Sólidos
Breve descrição:	Registrar o descarte de resíduos no local de disposição selecionado.
Pré-condição:	Usuário seleciona a opção de efetuar descarte na tela de visualização de detalhes do local de disposição (Caso de uso 6).
Cenário principal:	Sistema exibe a tela de efetuar descarte no local visualizado e exibe lista de resíduos sólidos aceitos no local. Usuário deve selecionar itens na lista de resíduos. Ao concluir o descarte, o sistema atualiza o <i>ranking</i> de pontuação do usuário e exibe mensagem com a pontuação obtida com a possibilidade de compartilhamento nas redes sociais. Usuário recebe 2 pontos pelo descarte.
Cenários alternativos:	#1 Usuário cancela o descarte. #2 Usuário não seleciona item na lista de resíduos sólidos. #3 Erro na confirmação do descarte. #4 Erro na atualização da pontuação. #5 Erro na exibição da pontuação obtida. #6 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 55 – Tela de descarte de resíduos sólidos



Fonte: Autora (2020).

Quadro 24 – Caso de uso 10: Sugerir alterações no local de disposição

Nome do caso de uso:	Sugerir alterações no local
Breve descrição:	Enviar sugestões de alterações nos dados cadastrais do local de disposição.
Pré-condição:	Usuário seleciona a opção de sugerir alterações na tela de visualização de detalhes do local de disposição (Caso de uso 6).
Cenário principal:	Sistema exibe a tela de sugestão de alteração para o local de disposição visualizado. Usuário detalha as alterações sugeridas no campo de descrição e envia a sugestão. Ao concluir, o sistema exibe a tela de detalhes do local de disposição.
Cenários alternativos:	#1 Usuário cancela o envio da sugestão. #2 Erro na confirmação da sugestão. #3 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 56 – Tela de sugestão de alteração de local de disposição

A imagem mostra a interface de usuário de um aplicativo móvel. No topo, há uma barra de status com ícones de localização, Wi-Fi, sinal de rede e bateria (65%), além do horário 20:11. Abaixo disso, uma barra de título azul escuro contém o texto 'Sugerir Alteração' e dois ícones: um envelope e um círculo com uma barra diagonal. O conteúdo principal da tela tem um fundo cinza claro com uma sobreposição decorativa de setas em tons de cinza e bege. Há duas opções de seleção: 'Não existe mais' e 'Está duplicado', cada uma com uma caixa de seleção vazia. Abaixo, há um campo rotulado 'Descrição:' com uma linha de texto vazia para entrada.

Fonte: Autora (2020).

O usuário será pontuado ao incluir um local de disposição, ao descartar resíduos sólidos, ao avaliar um local de disposição ou ao ter um local cadastrado por ele sendo avaliado, conforme

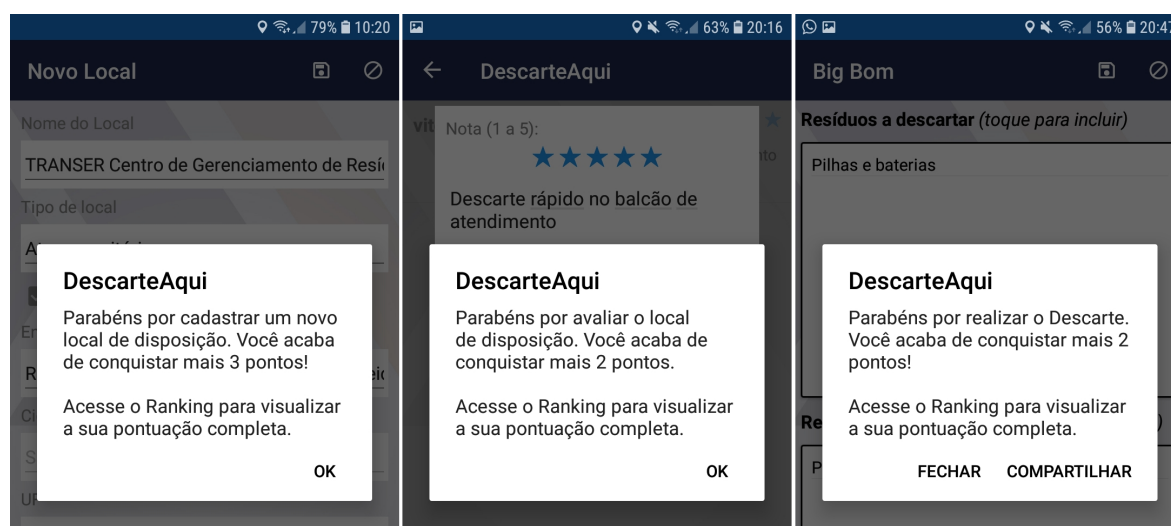
regras descritas no Quadro 25. No entanto, as mensagens de parabenização e exibição da pontuação obtida serão apresentadas para as três primeiras ações, conforme ilustrado na Figura 57 e documentado no Quadro 26.

Quadro 25 – Ações e respectivas regras e pontuações para o *ranking* do aplicativo

Ação	Regra	Pontuação
Incluir local	Qualquer usuário autenticado pode cadastrar.	3 pontos por cadastro.
Avaliar local	Qualquer usuário autenticado diferente do usuário que efetuou o cadastro.	2 pontos por avaliação; 1 ponto para o cadastrante.
Descartar resíduos sólidos	Qualquer usuário autenticado pode registrar o descarte.	2 ponto por descarte registrado.

Fonte: Autora (2020).

Figura 57 – Tela com mensagens da pontuação obtida nas ações de cadastro, avaliação e descarte



Fonte: Autora (2020).

Quadro 26 – Caso de uso 11: Mostrar pontuação obtida com a ação

Nome do caso de uso:	Mostrar pontuação obtida com a ação
Breve descrição:	Mostrar ao usuário uma mensagem parabenização e a pontuação obtida com a ação realizada. No caso de descarte de resíduos, o aplicativo oferece a opção de compartilhar em redes sociais.
Pré-condição:	Usuário realizar uma das seguintes ações: incluir local de disposição; descartar resíduos sólidos; ou avaliar local de disposição.
Cenário principal:	Usuário visualiza a ação realizada, a pontuação recebida.
Cenários alternativos:	#1 Erro na exibição da mensagem. #2 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Caso o usuário opte por compartilhar seu descarte em redes sociais, basta escolher a rede social e seguir as instruções em cada uma delas. O Quadro 27 apresenta a documentação deste

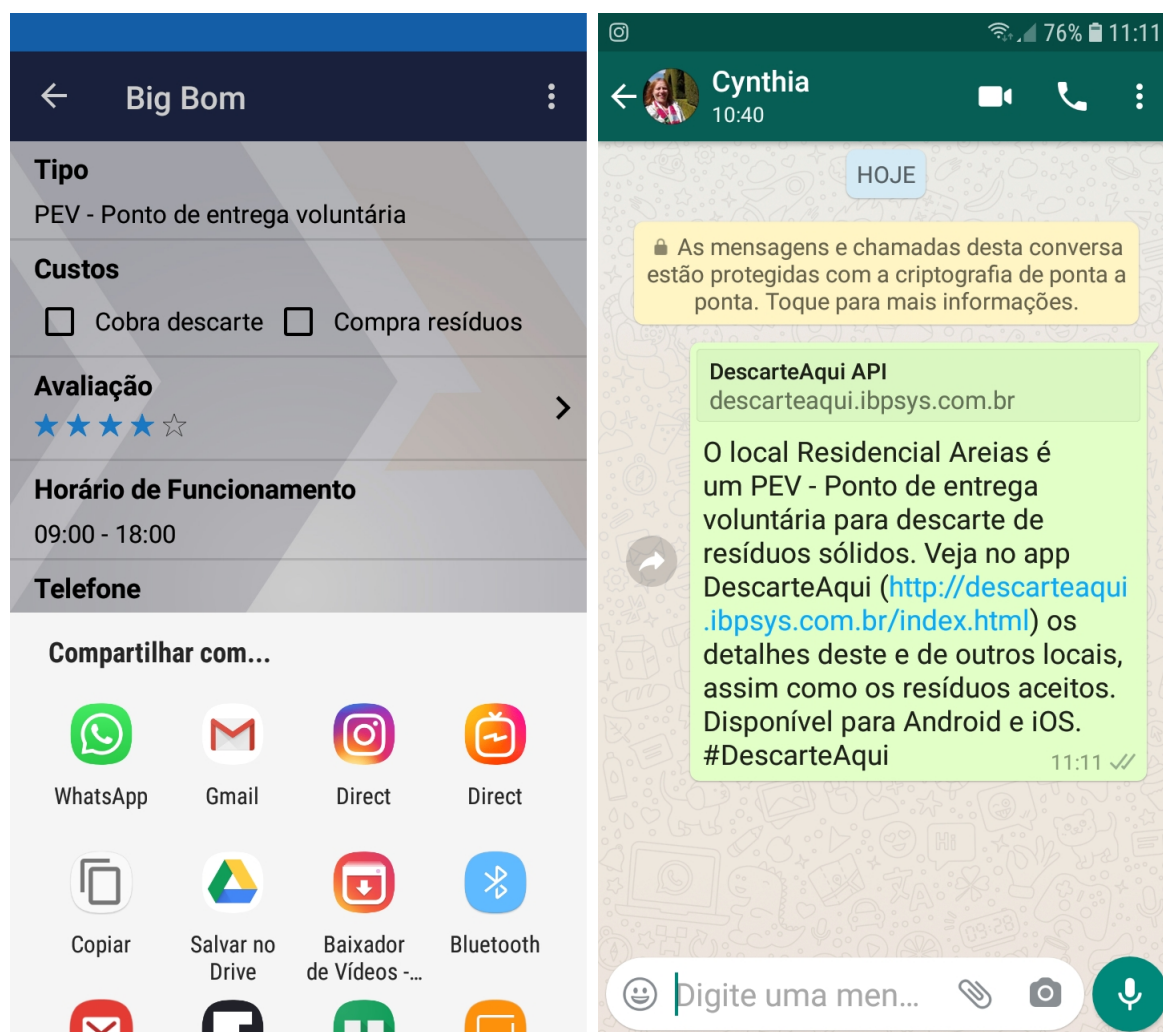
caso de uso e a Figura 58 ilustra estas ações.

Quadro 27 – Caso de uso 12: Compartilhar em redes sociais

Nome do caso de uso:	Compartilhar em redes sociais
Breve descrição:	Selecionar rede social para compartilhar informações sobre o local de disposição.
Pré-condição:	Usuário ter efetuado um descarte e selecionado a opção ‘Compartilhar’ na mensagem de exibição da pontuação obtida (Caso de uso 11).
Cenário principal:	Usuário seleciona a rede social na qual deseja compartilhar e o sistema sugere uma mensagem padrão.
Cenários alternativos:	#1 Usuário cancela o compartilhamento. #2 Erro na geração do texto padrão. #3 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 58 – Tela com mensagem de opção de compartilhamento em redes sociais



Fonte: Autora (2020).

Na função de ‘Visualizar sobre Resíduos Sólidos’, acessada pelo menu por meio da opção ‘Matriz de Resíduos’, o usuário tem acesso ao conteúdo da matriz de resíduos sólidos com suas respectivas classificações quanto à origem e destinações ambientalmente adequadas, inicialmente composta por 96 (noventa e seis) resíduos sólidos, listados na seção ‘5.1 Matriz de resíduos sólidos x Classificação x Destinação ambientalmente adequada’. Para auxiliar na visualização, buscou-se representar os resíduos sólidos por meio dos ícones apresentados na Figura 59.

Figura 59 – Representação dos resíduos sólidos por meio de ícones no DescarteAqui



Fonte: Autora (2020).

Nesta tela o usuário pode efetuar a busca por qualquer parte do nome para localizar o resíduo que procura informações. O Quadro 28 apresenta a documentação deste caso de uso e a

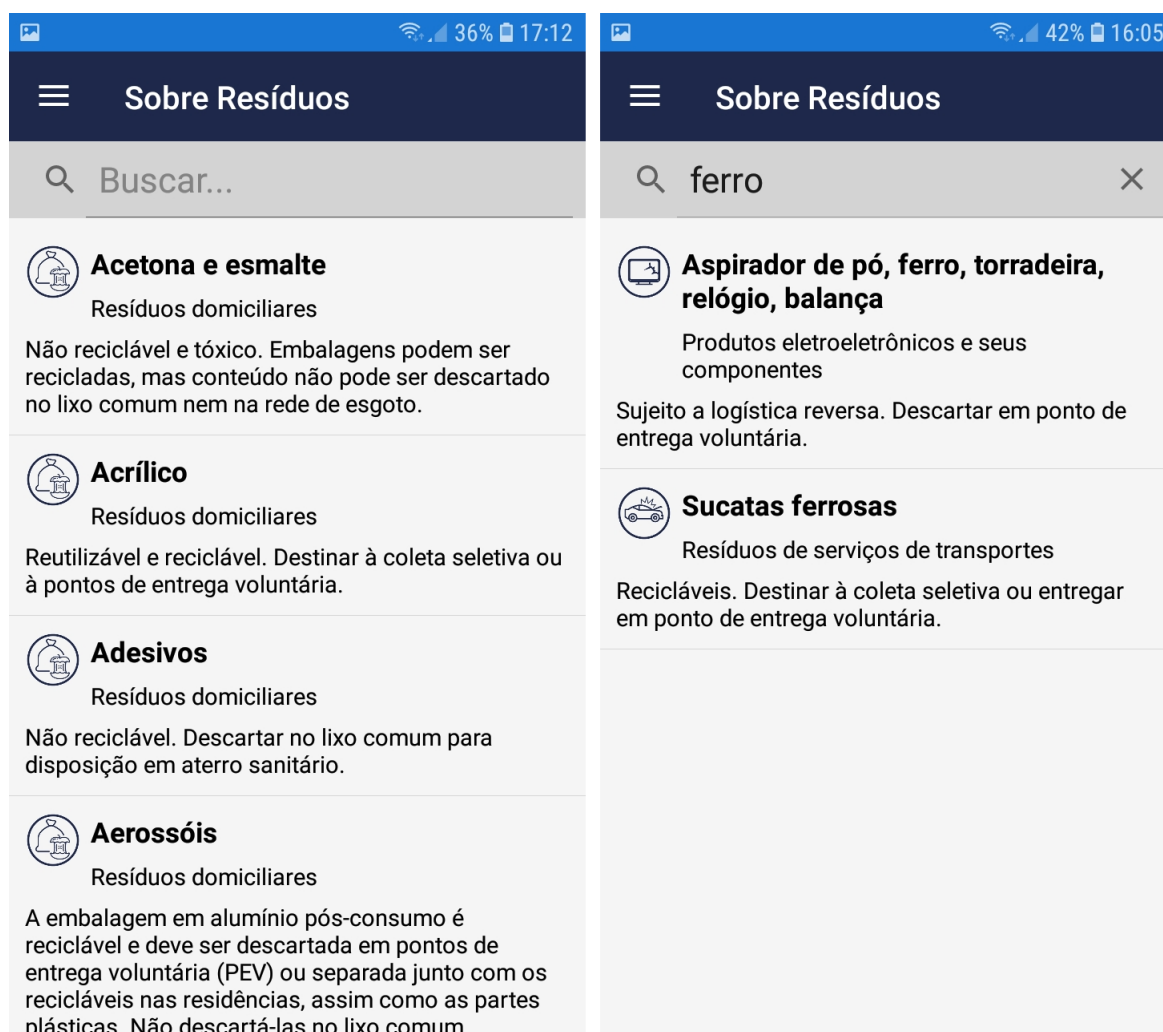
Figura 60 mostra as telas com e sem filtro.

Quadro 28 – Caso de uso 6: Visualizar sobre resíduos sólidos

Nome do caso de uso:	Visualizar sobre Resíduos Sólidos
Breve descrição:	Exibir lista com tipos de resíduos sólidos contendo sua classificação e destinação final ambientalmente adequada com possibilidade de filtro.
Pré-condição:	Usuário abrir o menu na tela principal e acessar a opção ‘Matriz de Resíduos’.
Cenário principal:	Usuário acessa a ‘Matriz de resíduos’ e visualiza os resíduos sólidos cadastrados. Opcionalmente efetua busca por qualquer parte do nome.
Cenários alternativos:	#1 Erro na utilização da busca. #2 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 60 – Protótipo para tela de visualizar sobre resíduos sólidos



Fonte: Autora (2020).

A opção de ‘Visualizar *ranking* de pontuações’, acessada pelo menu por meio da opção ‘Rankings’, exibe os *rankings* do usuário autenticado e o geral, além dos três resíduos mais descartados. O Quadro 29 apresenta a documentação deste caso de uso e a Figura 61 exibe sua tela.

Quadro 29 – Caso de uso 12: Visualizar *ranking* de pontuações

Nome do caso de uso:	Visualizar <i>ranking</i> de pontuações
Breve descrição:	Exibir <i>ranking</i> do usuário autenticado, <i>ranking</i> geral e três resíduos sólidos mais descartados.
Pré-condição:	Usuário abrir o menu na tela principal e acessar a opção ‘Rankings’.
Cenário principal:	Usuário acessa o menu ‘Rankings’ para visualizar os dados.
Cenários alternativos:	#1 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 61 – Tela de *rankings* de pontuação



Fonte: Autora (2020).

Os *rankings* são divididos em quatro níveis para cada uma das ações: Bronze (até 10

pontos), Prata (de 11 a 30 pontos), Ouro (de 31 a 50 pontos) e Diamante (acima de 51 pontos), representados respectivamente na Figura 62.

Figura 62 – Ícones que representam o nível de pontuação dos usuários



Fonte: Autora (2020).

A funcionalidade ‘Atualizar perfil do usuário’, acessada pelo menu por meio da opção ‘Meu perfil’, permite que o usuário altere todos seus dados cadastrais. No entanto, não é permitido que exista mais de um usuário no cadastro com o mesmo apelido e e-mail. O Quadro 30 apresenta a documentação deste caso de uso e a Figura 63 ilustra sua tela.

Quadro 30 – Caso de uso 15: Atualizar perfil de usuário

Nome do caso de uso:	Atualizar perfil de usuário
Breve descrição:	Exibir dados cadastrais e permitir sua atualização.
Pré-condição:	Usuário abrir menu na tela principal e acessar a opção ‘Meu perfil’.
Cenário principal:	Usuário acessa o menu ‘Meu perfil’, seleciona ‘Alterar’, realiza as alterações desejadas e salva os dados.
Cenários alternativos:	#1 Usuário não preenche todos os campos. #2 E-mail informado está com formato inválido. #3 Usuário informa e-mail que já consta em outro cadastro. #4 Usuário informa apelido que já consta em outro cadastro. #5 Senha informada é inválida. #3 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Por fim, o usuário poderá saber mais ‘Sobre o app’ acessando a opção ‘Sobre’ no menu da tela principal. Esta tela fornece informações sobre o aplicativo e um e-mail para contato. O Quadro 31 apresenta a documentação deste caso de uso e a Figura 64 exibe a tela.

Quadro 31 – Caso de uso 16: Sobre o app

Nome do caso de uso:	Sobre o app
Breve descrição:	Exibir informações sobre o aplicativo e disponibilizar um e-mail para contato.
Pré-condição:	Usuário abrir o menu na tela principal e acessar a opção ‘Sobre’.
Cenário principal:	Usuário lê sobre o aplicativo e opcionalmente clica no e-mail para ser redirecionado ao aplicativo de e-mail.
Cenários alternativos:	#1 Erro no redirecionamento para aplicativo de e-mail. #2 Erro de conexão por falta de acesso à internet.

Fonte: Autora (2020).

Figura 63 – Tela de atualização do perfil de usuário

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application's 'Seu Perfil' (My Profile) screen. Both screenshots show a dark blue header with a hamburger menu icon and the text 'Seu Perfil'. The status bar at the top indicates 65% battery and 20:10 time.

The left screenshot shows the following fields and buttons:

- Seu nome: Vitor de Oliveira Prado
- Membro desde 27/03/2020
- Seu apelido: vitor
- Seu e-mail: vitordeoliveiraprado@gmail.com
- Sua senha:
- ALTERAR button (orange)

The right screenshot shows the following fields and buttons:

- Seu nome: Vitor de Oliveira Prado
- Seu apelido: vitor
- Seu e-mail: vitordeoliveiraprado@gmail.com
- Sua senha:
- SALVAR button (orange)
- CANCELAR button (grey)

Fonte: Autora (2020).

Figura 64 – Tela de informações sobre o aplicativo e e-mail para contato

The screenshot shows the 'DescarteAqui' app's information screen. The header is dark blue with a hamburger menu icon and the text 'DescarteAqui'. The status bar at the top indicates 65% battery and 20:10 time.

The main content area is light grey and contains the following information:

- Logo: **DESCARTE AQUI** with a stylized 'A' icon.
- Text: DE ACORDO COM A LEI 12.305/2010 (PNRS)
- Section: **DescarteAqui versão 0.7.3**
- Description: O DescarteAqui é um aplicativo gratuito, multiplataforma, gamificado e colaborativo. Foi desenvolvido no **Programa de Doutorado em Tecnologia Ambiental** da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).
- Text: Trata-se de uma ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo para a segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos pelos cidadãos.
- Contact: Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões, entre em contato por meio do e-mail descarteaqui@ibpsys.com.br.

Fonte: Autora (2020).

5.4.2 Infraestrutura de desenvolvimento

A Figura 65 compila as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo DescarteAqui. Na criação da marca e *layout*, por meio do Adobe Photoshop, considerou-se as cores da UNAERP. Além disso, utilizou-se ícones para ilustrar as classificações dos resíduos sólidos e para representar as medalhas de pontuação do usuário como meios para melhorar a experiência do usuário na utilização do aplicativo.

Figura 65 – Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo



Fonte: Autora (2020).

O *framework* de desenvolvimento utilizado foi o Xamarin⁶, disponível no Visual Studio Enterprise 2019⁷, que é uma solução para desenvolvimento multiplataforma que utiliza o .NET. A linguagem de programação foi o C#. A camada de banco de dados, modelos e funções foram implementados na versão 2.1 do .NET Standard⁸ e hospedados em um servidor *web* Windows. Utilizou-se o ASP.NET Core 3.1⁹ como servidor de aplicação e *web*; o Xamarin Forms 4.5¹⁰ para o aplicativo móvel.

Os recursos nativos do dispositivo para acesso à localização, internet, rede celular, wifi e armazenamento interno foram acessados por meio da biblioteca Xamarin.Essentials¹¹. Para a seleção dos locais de disposição através de mapas utilizou-se a biblioteca Xamarin.Forms.Maps, que invoca a API do Google Maps¹² no caso de dispositivos Android. Já o preenchimento do endereço baseado nas coordenadas do usuário ocorre pelo Xamarin.Essentials. Utilizou-se o GitHub¹³ para controle de versão e backup e os recursos do Microsoft Appcenter¹⁴ para monitorar erros imprevistos que causam o travamento do aplicativo.

O gerenciador de banco de dados utilizado foi o MySQL Server 10.2¹⁵, cujo Diagrama

⁶ <https://docs.microsoft.com/pt-br/xamarin/get-started/>

⁷ <https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/>

⁸ <https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/standard/net-standard>

⁹ <https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/core/>

¹⁰ <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/release-notes/4.5/4.5.0>

¹¹ <https://docs.microsoft.com/pt-br/xamarin/essentials/>

¹² <https://cloud.google.com/maps-platform/>

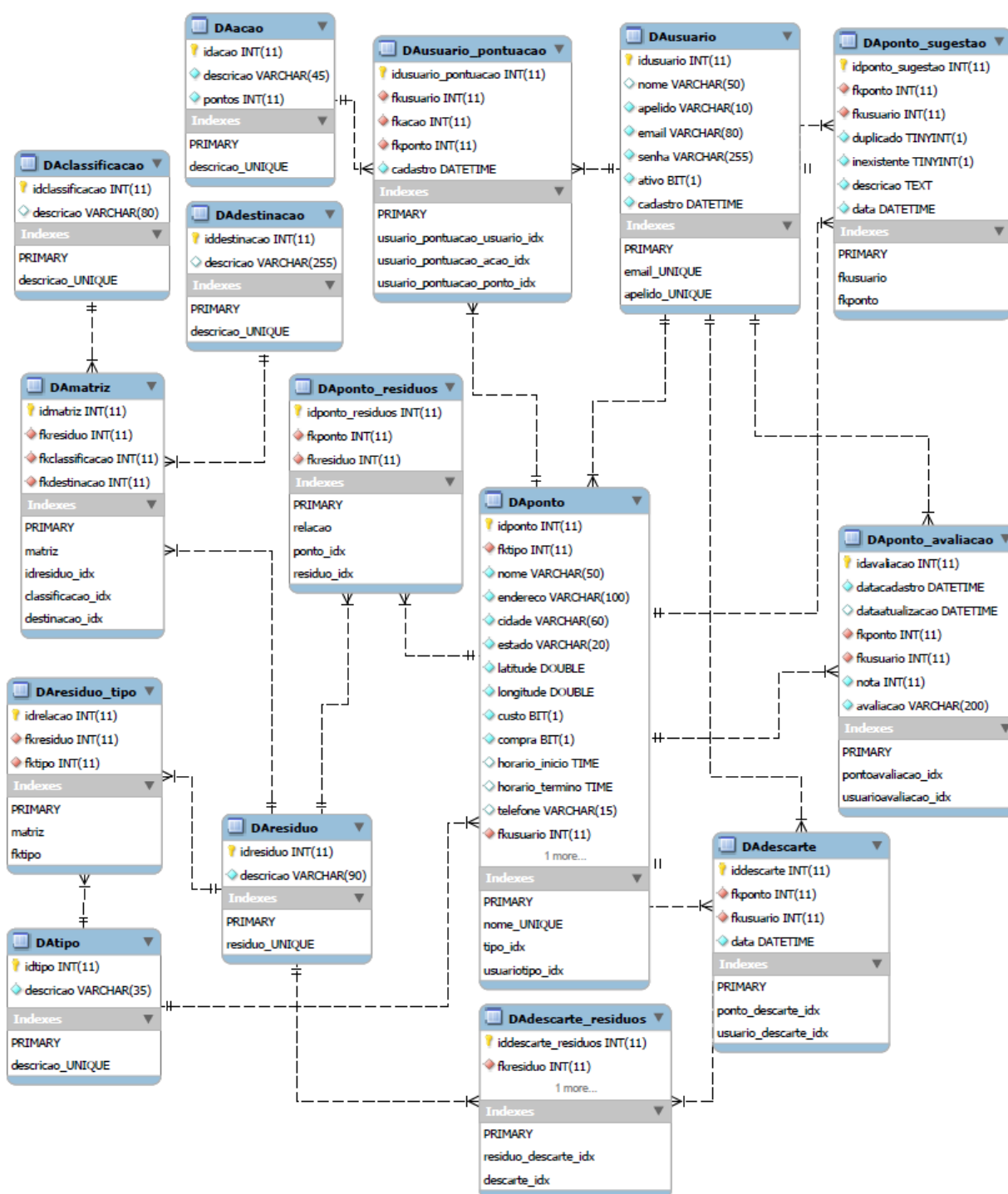
¹³ <https://github.com/>

¹⁴ <https://appcenter.ms/>

¹⁵ <https://dev.mysql.com/downloads/workbench/>

Lógico está disponível na Figura 66. O Diagrama Lógico é uma representação por meio de tabelas com seus respectivos atributos e relacionamentos. Permite a identificação dos atributos identificadores que garantem a unicidade dos registros (chaves primárias), dos atributos que fazem a conexão com outras tabelas (chaves estrangeiras), dos atributos de preenchimento obrigatório ou não, da quantidade máxima de instâncias de cada relacionamento (cardinalidade), dos índices e das restrições para preenchimento dos dados.

Figura 66 – Diagrama Lógico do Banco de Dados



Fonte: Autora (2020).

A versão em iOS não foi desenvolvida devido à ausência de uma máquina Apple para depurar o código e gerar os pacotes de instalação. A versão em Android, cujas imagens das telas compõem a documentação dos casos de usos apresentados na seção anterior, foi testada através de emulador e avaliada por 14 (catorze) usuários em seus dispositivos físicos. Os resultados da avaliação são discutidos na próxima seção.

5.5 ADEQUAÇÃO DO APLICATIVO COM A PNRS E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

A avaliação do DescarteAqui aconteceu de 24/04/2020 até 10/04/2020. Os 14 (catorze) participantes do grupo de teste foram classificados como usuários comuns (43%), usuários especialistas em Tecnologia de Informação e/ou Experiência do Usuário (36%) e usuários especialistas na PNRS (21%). Devido a quantidade de participantes da avaliação seu resultado não pode ser generalizado, no entanto, permite uma primeira análise do aplicativo.

Algumas funcionalidades não foram testadas por todos os usuários, a saber: recuperação de senha (50%); inclusão de local de disposição (7%); avaliação do local (7%); sugestão de alteração no local de disposição (29%); descarte de resíduo (7%); compartilhamento nas redes sociais (50%); consulta na matriz de resíduos (7%); e alteração no perfil de usuário (36%). Dos usuários que testaram todas as funcionalidades (29%), 50% foram usuários comuns e 50% especialistas em Tecnologia da Informação ou Experiência do Usuário.

Das funcionalidades testadas por todos os usuários, 3% foram respondidas como erro. Os apontamentos reportados foram: 1. Tecla 'Voltar' do Android não está retornando à tela principal quando acionada das telas abertas a partir do menu; 2. A área do toque do campo de avaliação dos locais de disposição deveria ser expandida; 3. No cadastro de local de disposição, o aplicativo não salvou a mudança do endereço; 4. No cadastro de mais de um local de disposição na sequência, o aplicativo acusou duplicidade no nome do local e não permitiu o cadastro; e 5. Usuário não entendeu como funcionava o compartilhamento nas redes sociais. No último caso, o apontamento não se caracteriza como erro, mas sim como uma dificuldade que impacta na experiência do usuário, já os demais foram identificados e corrigidos.

Quanto à Experiência do Usuário, o questionário abordou seis dos sete fatores apresentados pela INTERACTION DESIGN FOUNDATION (2019): 1. Utilidade; 2. Usabilidade; 3. Encontrabilidade; 4. Credibilidade; 5. Desejabilidade; e 6. Valor. O fator acessibilidade não foi questionado porque o aplicativo não possui recursos específicos para possibilitar que pessoas com deficiências o utilizem em sua totalidade.

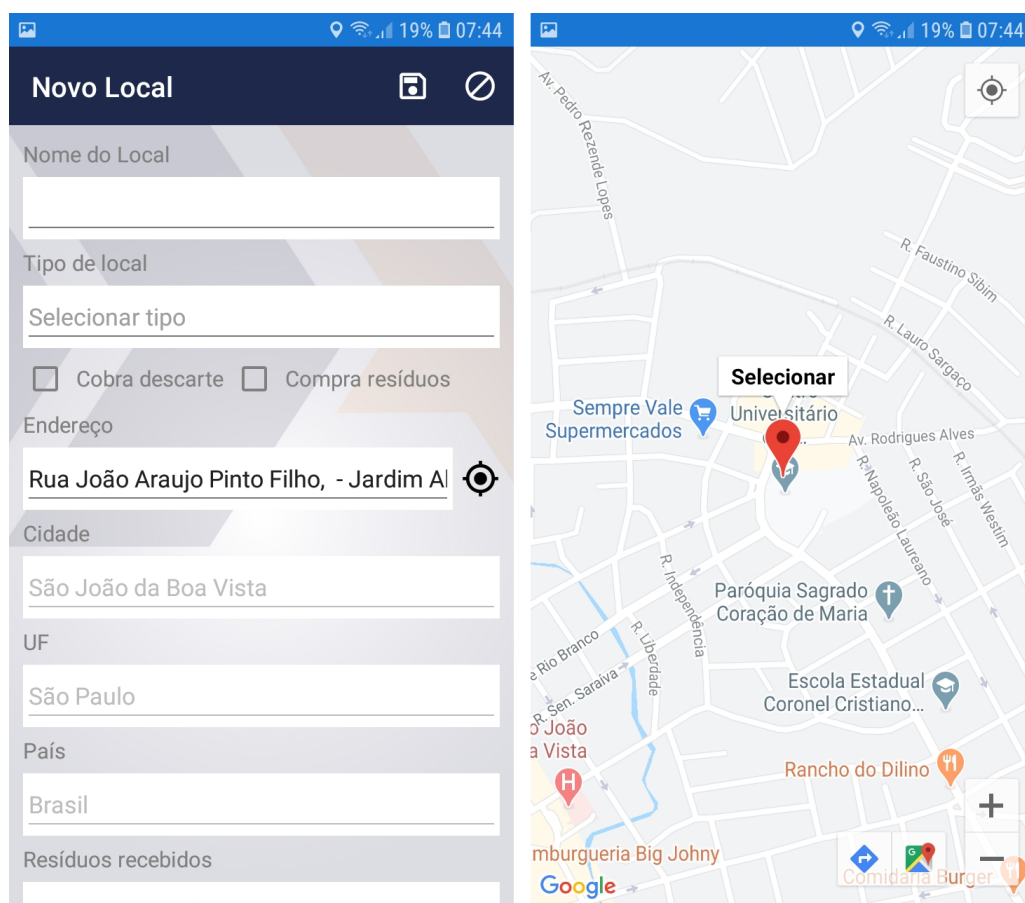
De todos os participantes da pesquisa, um usuário comum (7%) afirmou que o aplicativo não possibilita que o usuário encontre o que está buscando; outro usuário comum (7%) afirmou não saber se o aplicativo permite a utilização das funcionalidades com eficiência, eficácia e satisfação (fator usabilidade); e o mesmo usuário e mais um especialista em Tecnologia da Informação e Experiência do Usuário (14%) responderam não saber se o aplicativo permite

que o usuário se sinta seguro durante a utilização (fator credibilidade). Para os demais fatores, todos os participantes afirmaram que os fatores de Experiência de Usuários questionados foram considerados no aplicativo. Ainda assim, foram apontadas oito modificações com o objetivo de melhorar a experiência do usuário. Dentre elas, duas (alterar a posição dos botões apresentados na barra superior; e verificar viabilidade de efetuar um *log* de ações do usuário durante o teste) não foram implementadas, mas as demais constam da versão final do aplicativo, a saber:

1. Permitir o cadastro do endereço sem a necessidade de estar no local

O cadastro do endereço utilizava a localização atual do usuário para gravar a latitude e longitude. Diante disso, a inclusão de locais de disposição em outras localidades não era possível. Implementou-se a possibilidade de o usuário selecionar o local no mapa (Figura 67), por meio de *zoom* com os dedos, o que permite que o aplicativo obtenha as coordenadas necessárias.

Figura 67 – Telas de cadastro com seleção de endereço pelo mapa

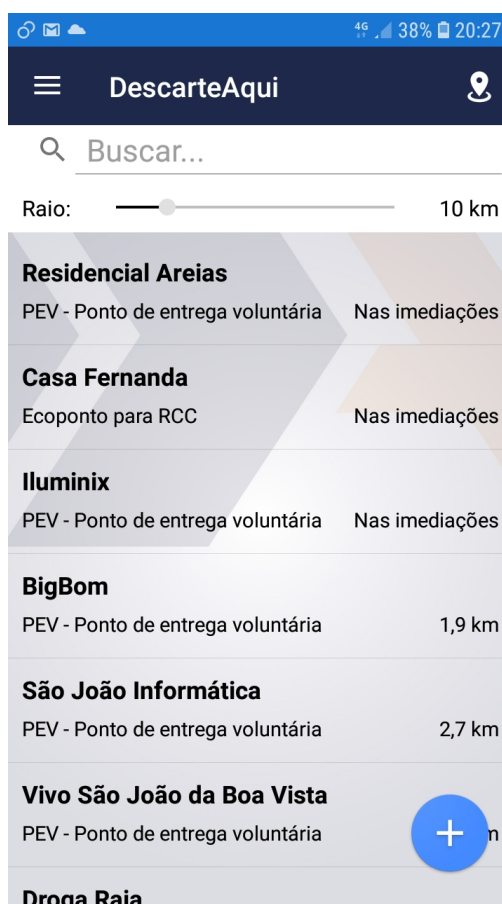


Fonte: Autora (2020).

2. Nomear as funções *Login* e *Logout* na língua portuguesa. Os termos foram trocados por 'Entrar' e 'Encerrar sessão', respectivamente.

3. Alterar a cor do texto da mensagem de confirmação de redefinição de senha. Utilizou-se uma cor que possibilita maior destaque à mensagem.
4. Deixar a tela de Perfil editável
Quando usuário acessava a tela de Perfil era preciso clicar em ‘Alterar’ para que os campos fossem liberados para edição. Implementou-se a alteração que libera os campos para modificações, que são confirmadas quando o usuário seleciona o botão ‘Atualizar’.
5. Utilizar o botão de cadastro de novo local de disposição no canto inferior direito da tela, seguindo o padrão dos aplicativos da Google. Implementou-se o botão flutuante, conforme ilustrado na Figura 68.

Figura 68 – Tela principal com botão flutuante para inclusão de local de disposição



Fonte: Autora (2020).

6. Exibir regras de pontuação aos usuários. A tela de *Ranking* recebeu um botão de informações no canto superior direito que, quando acessado, exhibe ao usuário as regras de pontuação; e na tela ‘Sobre’ adicionou-se um parágrafo sobre as funcionalidades pontuadas (Figura 69).

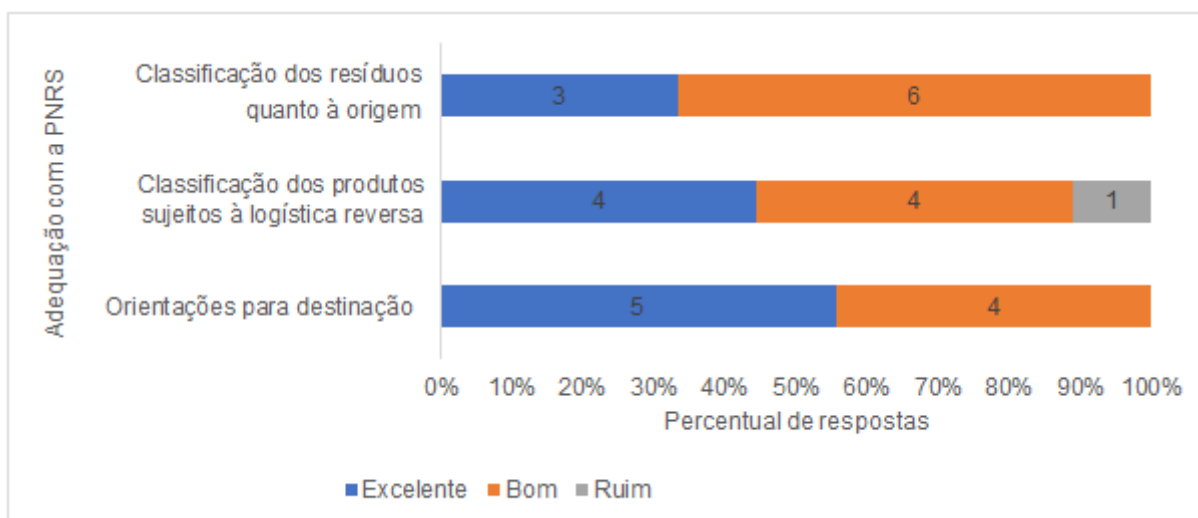
Figura 69 – Telas de ‘Ranking’ e ‘Sobre’ com regras e informações sobre pontuação



Fonte: Autora (2020).

Quanto à adequação do aplicativo com a PNRS, conforme ilustrado na Figura 70, dos 50% dos usuários que afirmaram conhecer a PNRS, 43% são os usuários especialistas na PNRS e os demais são usuários comuns.

Figura 70 – Respostas dos usuários sobre a adequação do aplicativo com a PNRS



Fonte: Autora (2020).

Com exceção de um usuário comum que indicou como ruim a classificação dos produtos sujeitos a logística reversa apresentados na Matriz de Resíduos, os demais avaliaram como boa. Já os usuários especialistas na PNRS avaliaram as classificações como excelente, com exceção de

um usuário que indicou como boa a classificação dos resíduos sólidos quanto a origem e sugeriu uma revisão devido ao enquadramento de alguns resíduos sólidos em mais de uma origem. Esta revisão foi realizada e optou-se pela manutenção da classificação onde a origem é mais comum. Além disso, um usuário comum sugeriu adicionar informações mais detalhadas nos resíduos que devem ser destinados a coleta seletiva, como a cor do recipiente de descarte, no entanto, esta contribuição deverá ser desenvolvida em trabalhos futuros.

6 CONCLUSÕES

O levantamento bibliográfico confirmou que embora o Brasil já contasse com a Política Nacional de Meio Ambiente instituída em 1981 e ratificada na Constituição Federal de 1988, as leis do óleo, de crimes ambientais, dos agrotóxicos e do saneamento básico, além de uma série de Resoluções do Conama sobre resíduos sólidos e resíduos perigosos, a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, foi um marco regulatório para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. No entanto, constatou-se que muitos dos seus instrumentos, como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e alguns Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, ainda não foram concluídos.

Observou-se que os dados estatísticos sobre resíduos sólidos são escassos e muitas vezes desatualizados, impossibilitando um retrato da real situação no gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. Para os resíduos sólidos urbanos e resíduos dos serviços de saúde, por exemplo, existem dados recentes e consistentes, mas para os resíduos dos serviços de saneamento básico, a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico foi realizada há mais de 11 anos e, apesar de a atualização do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico (SNIS) ser anual, o fato de os dados serem inseridos pelos próprios Municípios pode incorrer na apresentação de dados imprecisos.

Considera-se a matriz de resíduos sólidos como uma das principais contribuições deste trabalho, pois relacionou os resíduos sólidos com sua respectiva classificação segundo a PNRS e destinações ambientalmente adequadas levantadas na literatura, *sites* especializados e cartilhas de reciclagem. Observou-se divergências nas cartilhas quanto à destinação de alguns resíduos sólidos e a literatura, pois para a maioria das classificações dos resíduos sólidos, as destinações são apresentadas de maneira abrangente. Diante disso, foi necessário recorrer aos *sites* especializados e de associações de fabricantes.

A pesquisa de campo com os discentes do IFSP-SBV, que representa uma análise regional, indicou que questões que envolvem a atitude dos cidadãos e consequente impacto ambiental mais evidente são de conhecimento da maioria. Em contrapartida, constatou-se um conhecimento superficial sobre os conceitos de resíduos sólidos, rejeitos, resíduos perigosos e logística reversa. No entanto, a maioria dos discentes que afirmou não saber sobre logística reversa indicou pontos de coleta como a forma correta para descarte de pilhas e baterias, óleos, lâmpadas, agrotóxicos, pneus e resíduos de equipamentos eletrônicos. Somente a minoria dos discentes afirmou não ter dúvidas na segregação dos resíduos sólidos para o descarte, evidenciando a necessidade de campanhas de educação ambiental. Já os que costumam observar os pontos de coleta também descartam pilhas e baterias corretamente, fazem a separação dos resíduos sólidos, conhecem bem sobre os conceitos pesquisados e utilizariam um aplicativo no celular para cadastrar pontos

de coletas.

A identificação e teste dos aplicativos móveis disponíveis na App Store e na Play Store consideraram a gratuidade, a abrangência e a localização de pontos de coleta para mais de um tipo de resíduo sólido. Observou-se que somente um dos sete aplicativos foi desenvolvido exclusivamente para a plataforma iOS e dois deles para ambas as plataformas, refletindo a dificuldade de criação e manutenção de aplicativos em múltiplas plataformas. Dentre os aplicativos testados, nenhum deles é multiplataforma, gamificado e colaborativo e possui todas as funcionalidades propostas neste trabalho.

O DescarteAqui é um aplicativo colaborativo que foi desenvolvido segundo os conceitos de gamificação, onde as funções recebem uma pontuação que, conseqüentemente, geram o *ranking* dos usuários e incentivam o engajamento. Para sua concepção utilizou-se de técnicas de prototipação para levantamento de requisitos e incorporação de recursos da gamificação pertinentes aos domínios da sustentabilidade. Dentre suas funcionalidades, as principais são a matriz de resíduos sólidos, a localização e cadastro de locais de disposição e o registro de descartes.

O *framework* de desenvolvimento do aplicativo foi o Xamarin com C#, uma solução multiplataforma de compilação cruzada que utiliza o .NET. O sistema gerenciador de banco de dados foi o MySQL. Os recursos nativos do dispositivo necessários para o funcionamento da aplicação foram o acesso à localização, internet, rede celular, wifi e armazenamento interno. Já para a seleção dos locais de disposição através de mapas utilizou-se a biblioteca Xamarin.Forms.Maps, que invoca a API do Google Maps no caso de dispositivos Android. A documentação e suporte disponíveis no *site* da Microsoft foram essenciais porém não suficientes, exigindo também o acesso a sites especializados em Xamarin. A versão em iOS não foi desenvolvida devido à ausência de uma máquina Apple para depurar o código e gerar os pacotes de instalação.

A avaliação do aplicativo para verificar a adequação do seu conteúdo com a PNRS e fatores de experiência do usuário foi realizada por um grupo de controle composto de usuários comuns, usuários especialistas em Tecnologia da Informação e/ou Experiência do Usuário e usuários especialistas na PNRS. Das funcionalidades testadas por todos os usuários, 3% foram reportadas com erro, que foram identificados e corrigidos. Quanto à experiência do usuário, a maioria dos usuários reportaram que os fatores questionados foram atendidos, mas ainda assim foram sugeridas melhorias que também foram implementadas na versão final. Destaca-se que dentre os fatores apontados pela literatura, a acessibilidade não consta do questionário de avaliação porque o aplicativo não possui recursos específicos para possibilitar que pessoas com deficiências o utilizem em sua totalidade. Dos usuários que afirmaram conhecer a PNRS (50%), somente um deles considerou a classificação dos produtos sujeitos a logística reversa como ruim, os demais classificaram como boa e excelente para este e os demais questionamentos.

Apesar de a avaliação do aplicativo não poder ser generalizada, conclui-se que o Descar-

teAqui pode tornar-se uma ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

7 TRABALHOS FUTUROS

Entende-se que os próximos passos serão: 1. Disponibilizar o aplicativo na Play Store; 2. Buscar parcerias para viabilizar o desenvolvimento da versão em iOS e o custeio para publicação na App Store e hospedagem do banco de dados e da aplicação Web API; 3. Entrar em contato com entidades relacionadas com a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos para que possam auxiliar na divulgação do aplicativo; 4. Acompanhar, avaliar e realizar as modificações provenientes das sugestões de alterações nos locais de disposição enviadas pelos usuários; e 5. Implementar melhorias apontadas pelos usuários e oportunidades levantadas no processo de desenvolvimento e testes, como a identificação de recursos necessários para acessibilidade.

Quanto às melhorias no aplicativo, acredita-se que a Matriz de Resíduos Sólidos pode ser expandida e as orientações para destinações ambientalmente adequadas mais detalhadas. Um exemplo, apontado por um usuário na avaliação do aplicativo, é incluir informações das cores dos recipientes de disposição para resíduos sólidos destinados a coleta seletiva. Outras funcionalidades que também podem ser adicionadas são a inclusão de fotos nos locais de disposição e a exibição do histórico de ações do usuário em seu perfil.

Uma oportunidade percebida é a criação de um módulo que permita que os usuários cadastrem dicas para reutilização de cada resíduo da matriz. Acredita-se que além de aumentar o engajamento dos usuários, esta funcionalidade contribuirá ainda mais com a educação ambiental e auxiliará os usuários na redução dos resíduos sólidos descartados.

Por fim, acredita-se que a continuidade deste trabalho consiste na análise quantitativa e qualitativa dos dados registrados no aplicativo, tanto no cadastro de locais de disposição como nos descartes de resíduos sólidos, para nortear políticas públicas.

REFERÊNCIAS

ABINEE. **Logística Reversa: governo deve enviar proposta à consulta pública.** Associação Brasileira da Indústria Elétrica, 2019. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com40.htm>>. Acesso em: 26 de jul. de 2019.

ABIPLAST. **Reciclabilidade de materiais plásticos pós-consumo.** São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2018. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/cartilha-e-reciclabilidade-de-materiais-plasticos-pos-consumo/>>.

ABISOLO. **Abisolo cria Projeto Piloto com o inpEV para dar destinação correta para embalagens de fertilizantes especiais.** Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal, 2017. Disponível em: <<https://abisolo.com.br/category/acontece-abisolo/>>. Acesso em: 23 de jul. de 2019.

ABNT. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABNT. **NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABNT. **NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABNT. **NBR 16156: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos — Requisitos para atividade de manufatura reversa.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **ABNT Catálogo.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br>>. Acesso em: 03 de jun. de 2019.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017>>. Acesso em: 4 de jul. de 2019.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. A. S. A. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, SciELO, v. 18, p. 115 – 122, 06 2013. ISSN 1413-4152.

ANAC. **Anuário do Transporte Aéreo 2017.** Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil, 2018.

ANDA. **Pesquisa Setorial - Macro Indicadores.** Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2019. Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 23 de jul. de 2019.

ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. d. C. Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de estações e seus impactos na qualidade das águas. In: **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG–2014.** [S.l.: s.n.], 2014.

ANM. **Barragens**. Agência Nacional da Mineração, 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens>>. Acesso em: 22 de jul. de 2019.

ANTAQ. **Desempenho do setor aquaviário - Estatístico 2018**. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2019.

ANVISA. **Resolução RDC nº 306, de 28 de março de 2018**. [S.l.], 2018. Diário Oficial da União, 29 de mar. 2018.

BERNARDES, T. F.; MIYAKE, M. Y. Cross-platform mobile development approaches: A systematic review. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 4, p. 1892–1898, April 2016. ISSN 1548-0992.

BRADFORD, A.; BROUDE, S.; TRUELOVE, A. Trash in america: Moving from destructive consumption to a zero-waste system. **U.S. PIRG Education Fund**, p. 39, 2018.

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. Brasília, 1981. Diário Oficial da União, 2 de set. 1981.

BRASIL. **Decreto nº 88.351, de 1 de junho de 1983**. Regulamenta a lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a política nacional do meio ambiente e sobre a criação de estações ecológicas e Áreas de proteção ambiental, e dá outras providências. Brasília, 1983. Diário Oficial da União, 3 de jun. 1983.

BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**. Brasília, 1988. Diário Oficial da União, 5 de out. 1988.

BRASIL. **Lei nº 7.783, de 28 de junho de 1989**. Dispõe sobre o exercício do direito de greve, define as atividades essenciais, regula o atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade, e dá outras providências. Brasília, 1989. Diário Oficial da União, 28 de jun. 1989.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília, 1989. Diário Oficial da União, 12 de jul. 1989.

BRASIL. **Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990**. Regulamenta a lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de estações ecológicas e Áreas de proteção ambiental e sobre a política nacional do meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1990. Diário Oficial da União, 7 de jun. 1990.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Brasília, 1991. Diário Oficial da União, 12 de mar. 1991.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998. Diário Oficial da União, 17 de fev. 1998.

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. Brasília, 1999. Diário Oficial da União, 28 de abr. 1999.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nos 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. Brasília, 2007. Diário Oficial da União, 11 de jan. 2007.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.** Regulamenta a lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa, e dá outras providências. Brasília, 2010. Diário Oficial da União, 23 de dez. 2010.

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. Brasília, 2010. Diário Oficial da União, 3 de ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Estabelece a política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o sistema nacional de informações sobre segurança de barragens e altera a redação do art. 35 da lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, 2010. Diário Oficial da União, 21 de set. 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 20 de maio de 2014.** Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres; altera o art. 126 da lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 - código de trânsito brasileiro; e dá outras providências. Brasília, 2014. Diário Oficial da União, 21 de mai. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017.** Regulamenta o art. 33 da lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Brasília, 2017. Diário Oficial da União, 24 de out. 2017.

BRASILEIRO, L.; MATOS, J. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry). **Cerâmica**, v. 61, p. 178–189, 2015. ISSN 0366-6913.

BURKE, B. **Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias.** São Paulo: DVS Editora, 2015.

CARVALHO, P. S. L. d. et al. Sustentabilidade socioambiental da mineração. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018.

CASTRO, M. A. S. de; SCHALCH, V. Os resíduos gerados em cemitérios na ótica dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. In: . [S.l.: s.n.], 2015.

CNI. **Visão da indústria brasileira sobre a gestão de resíduos sólidos.** Brasília: Confederação Nacional das Indústrias, 2014. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/cni-sustentabilidade/memoria-2014-residuos-solidos/>>.

CNT. **Transporte em Números.** Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2019.

COM. Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. **European Commission**, p. 10, 2018. Bruxelas.

CONAMA. **Resolução Conama nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabele o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação e coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília, 2001. Diário Oficial da União, 19 de jun. 2001.

CONAMA. **Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002. Diário Oficial da União, 17 de jul. 2002.

CONAMA. **Resolução Conama nº 313, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Brasília, 2002. Diário Oficial da União, 22 de nov. 2002.

CONAMA. **Resolução Conama nº 335, de 3 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, 2003. Diário Oficial da União, 28 de mai. 2003.

CONAMA. **Resolução Conama nº 358, de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, 2005. Diário Oficial da União, 4 de mai. 2005.

CONAMA. **Resolução Conama nº 362, de 23 de junho de 2005**. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, 2005. Diário Oficial da União, 27 de jun. 2005.

CONAMA. **CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Brasília, 2008. Diário Oficial da União, 5 de nov. 2008.

CONAMA. **Resolução Conama nº 416, de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Brasília, 2009. Diário Oficial da União, 01 de out. 2009.

CÓRDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos-SP**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2010.

COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 22, n. 5, 2017.

DELIA, L. et al. Approaches to mobile application development: Comparative performance analysis. In: **2017 Computing Conference**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 652–659.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. de. REVERSE LOGISTICS OF E-WASTE IN DEVELOPING COUNTRIES: CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE BRAZILIAN MODEL. **Ambiente Sociedade**, SciELO, v. 19, p. 117 – 136, 06 2016. ISSN 1414-753X.

DENATRAN. **Frota de Veículos - 2019**. Departamento Nacional de Trânsito, 2019. Disponível em: <<https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8559-frota-de-veiculos-2019.html>>. Acesso em: 25 de jul. de 2019.

DETERDING, S. Eudaimonic design, or: Six invitations to rethink gamification. In: **Rehtink Gamification**. [S.l.]: Lüneburg: meson press, 2014. p. 305–323.

DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In: **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments**. New York, NY, USA: ACM, 2011. (MindTrek '11), p. 9–15. ISBN 978-1-4503-0816-8. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>>.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tecnologias de tratamento de Água, caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos. In: _____. 1. ed. São Carlos: LDiBe, 2012. cap. Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água, p. 480.

DNPM. **Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017**. Cria o cadastro nacional de barragens de mineração, o sistema integrado de gestão em segurança de barragens de mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do plano de segurança da barragem, das inspeções de segurança regular e especial, da revisão periódica de segurança de barragem e do plano de ação de emergência para barragens de mineração, conforme art. 8, 9, 10, 11 e 12 da lei n 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a política nacional de segurança de barragens - pnsb. Brasília, 2017. Diário Oficial da União, 19 de mai. 2017.

eCycle. **Recicle tudo**. eCycle®, 2020. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/70-homes/271-home-recicle-tudo.html>>. Acesso em: 13 de jan. de 2020.

ELLIS, C. A.; GIBBS, S. J.; REIN, G. Groupware: some issues and experiences. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 34, n. 1, p. 39–58, 1991.

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX. **Global Metrics for the Environment: Ranking Country Performance on High-priority Environmental Issues**. 2018. Disponível em: <<https://epi.envirocenter.yale.edu/>>. Acesso em: 18 de jun. de 2019.

EPA. **Land, Waste, and Cleanup Topics**. 2019. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <<https://www.epa.gov/environmental-topics/land-waste-and-cleanup-topics>>. Acesso em: 25 de jun. de 2019.

FLUTER. 2019. Disponível em: <<https://flutter.dev/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

FRANCESCHI, F. R. A. D. et al. Panorama dos resíduos sólidos no brasil: uma discussão sobre a evolução dos dados no período 2003–2014. **Revista DAE**, v. 65, p. 62–68, 2017. ISSN 0101-6040.

GREEN ELETRON. **Logística reversa de pilhas e baterias portáteis**. São Paulo: Green Eletron Gestora de Logística Reversa, 2018. Cartilha de orientações técnicas. Disponível em: <https://www.greeneletron.org.br/download/CARTILHA_PILHAS_OPERACIONAL.pdf>.

GREEN ELETRON. **Ministério do Meio Ambiente aprova Acordo Setorial para a Logística Reversa de Eletroeletrônicos**. Green Eletron Gestora de Logística Reversa, 2019. Disponível em: <<https://www.greeneletron.org.br/blog/ministerio-do-meio-ambiente-aprova-acordo-setorial-para-a-logistica-reversa-de-eletroeletronicos/>>. Acesso em: 11 de fev. de 2020.

IBAMA. **Instrução Normativa 1, de 18 de março de 2010**. Instituir, no âmbito do IBAMA, os procedimentos necessários ao cumprimento da resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009, pelos fabricantes e importadores de pneus novos, sobre coleta e destinação final de pneus inservíveis. Brasília, 2010.

IBAMA. **Instrução Normativa IBAMA nº 8, de 30 de setembro de 2012**. Instituir, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou produto que as incorporem. Brasília, 2012. Diário Oficial da União, 4 de set. 2012.

IBAMA. **Relatório de pneumáticos: Resolução CONAMA nº 416/09: 2017 (anobase 2016)**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2017.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html>>. Acesso em: 9 de jul. de 2019.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1157>>. Acesso em: 9 de jul. de 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário: resultados preliminares**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73093>>. Acesso em: 23 de jul. de 2019.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2017**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2017_v27_informativo.pdf>. Acesso em: 9 de jul. de 2019.

IBRAM. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2016. ISBN:978-85-61993-10-8. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>>. Acesso em: 22 de jul. de 2019.

IBRAM. **Relatório Anual de Atividades - Julho 2017 a Junho 2018**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2018. Disponível em: <http://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama\%C3%A7\%C3%A3o_Relat\%C3%B3rioAnual_vers\%C3%A3oweb.pdf>. Acesso em: 22 de jul. de 2019.

IDC. **Smartphone Market Share**. 2019. Disponível em: <<https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>>. Acesso em: 29 de mar. de 2019.

INPEV. **Relatório de Sustentabilidade 2017**. São Paulo: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2017.

INPEV. **Relatório de Sustentabilidade 2018**. São Paulo: Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2018.

INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de desempenho anual 2018**. Instituto Jogue Limpo, 2019. Disponível em: <<https://www.joguelimpo.org.br/institucional/relatorios.php>>.

INTERACTION DESIGN FOUNDATION. **The Basics of User Experience Design**. 2019. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature#>>. Acesso em: 30 de mai. de 2019.

IONIC. 2019. Disponível em: <<https://ionicframework.com/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. Relatório de Pesquisa.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Transportes Terrestres**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. Relatório de Pesquisa.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. Relatório de Pesquisa.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Transportes Aéreos e Aquaviários**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Setor Agrossilvopastoril - Resíduos sólidos inorgânicos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013. Relatório de Pesquisa.

IPEF. **Relatório Anual 2017**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2017.

IUNES, I.; FILHO, W. B.; CAVALCANTI, L. **Mais de 4 milhões de toneladas de veículos viram sucata a cada ano**. Correio Braziliense, 2015. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2015/08/06/interna-brasil,493527/mais-de-4-milhoes-de-toneladas-de-veiculos-viram-sucata-a-cada-ano.shtml>>. Acesso em: 25 de jul. de 2019.

KASHANI, A.; OZTURK, Y. Residential energy consumer behavior modification via gamification. In: **2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1221–1225. ISSN 2572-6013.

KAZA, S. et al. What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. In: _____. Washington, DC: World Bank Publications, 2018. cap. At a Glance: A Global Picture of Solid Waste Management, p. 295. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.

LATIF, M. et al. Review of mobile cross platform and research orientations. In: **2017 International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems (WITS)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–4.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L.; VALLE, T. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24–51, 2018. ISSN 1982-3134.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/produtos-veterinarios>>. Acesso em: 23 de jul. de 2019.

MICROSOFT. **Visual Studio Community**. 2019. Disponível em: <<https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/community/>>. Acesso em: 02 de abr. de 2019.

MMA. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e ICLEI-Brasil, 2012. ISBN: 978-85-99093-21-4. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao09042012101719.pdf>.

MMA. **Coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado – 2018 (ano base 2017)**. Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/Sistemas_Implantados_OLUC/Relatorio_CONAMA_OLUC_2018.pdf>.

MMA. 2019. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/legislacao-mma.html>>. Acesso em: 2 de jul. de 2019.

MMA. **Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Programa Nacional Lixão Zero**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/residuos/SaibaMais.pdf>.

MORA, A. et al. A literature review of gamification design frameworks. In: **2015 7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8.

MPSP. **Coleta seletiva - Pratique esta ideia**. São Paulo: Ministério Público do Estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Cartilhas/coleta_seletiva.pdf>.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

NATIVESCRIPT. 2019. Disponível em: <<https://www.nativescript.org/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

OLIVEIRA, T.; WANICK, V. Desdobrando o conceito de engajamento: revisão bibliográfica sobre seus aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos. **Revista do Programa de Pós-graduação em Comunicação**, v. 12, 08 2018.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.

PHONEGAP. 2019. Disponível em: <<https://phonegap.com/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

PINCELLI, A. L. S. M.; MOURA, L. F. de; BRITO, J. O. Quantificação dos resíduos da colheita em florestas de eucalyptus grandis e pinus caribaea var. hondurensis quantification of harvest residues in eucalyptus grandis and pinus caribaea var. hondurensis forests. **Sci. For.**, v. 45, p. 519–526, 2017. ISSN 2318-1222.

RABOY, N. **3 Of The Best Frameworks For Mobile App Development In 2018**. 2018. Disponível em: <<https://www.thepolyglotdeveloper.com/2018/04/3-best-frameworks-mobile-app-development-2018/>>. Acesso em: 02 de abr. de 2019.

RAJPUT, M. **Top Mobile App Development Framework in 2019**. 2019. Disponível em: <<https://www.mindinventory.com/blog/mobile-app-development-framework-2019/>>. Acesso em: 02 de abr. de 2019.

REACT NATIVE. 2019. Disponível em: <<http://www.reactnative.com/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

RECICLUS. **Relatório Anual de Atividades e Resultados 2017**. São Paulo: Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação, 2018. Disponível em: <https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/RELATORIOS_ANUAIS/LAMPADAS/Relatorio_MMA_vers\%C3%A3o_final_08012019.pdf>.

SCHALCH, V. **Divisão dos resíduos sólidos quanto à origem e periculosidade de acordo com a PNRS (apostila)**. São Carlos: EESC-USP, 2018. 33 p.

SCHALCH, V. et al. **Resíduos sólidos: Conceitos, gestão e gerenciamento**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2019. 579 p.

SEABORN, K.; FELLS, D. I. Gamification in theory and action: A survey. **International Journal of human-computer studies**, Elsevier, v. 74, p. 14–31, 2015.

SENCHA. 2019. Disponível em: <<https://www.sencha.com/products/touch/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

SILVA, D. M. R. **Desenvolvimento de aplicação móvel multiplataforma (Apache Cordova vs Xamarin)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) — Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Porto, 7 2018.

SILVA, L. C. S. et al. Gestão de resíduos industriais: um estudo do aproveitamento de rejeitos na mineração. **Anais do IX SIMPROD**, Departamento de Engenharia de Produção-Universidade Federal de Sergipe, 2017.

SINDAN. **Anuário da Indústria de Produtos para Saúde Animal**. São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal, 2018.

SINIR. **Logística Reversa**. Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/logistica-reversa>>. Acesso em: 11 de fev. de 2020.

SMA. **Resolução SMA nº 45, de 23 de junho de 2015**. Define as diretrizes para implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo no estado de são paulo, e dá providências correlatas. São Paulo, 2015. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 24 de jun. 2015.

SOUZA, A. S. R. O meio ambiente como direito difuso e a sua proteção como exercício de cidadania. **Revista da Faculdade Mineira de Direito**, v. 13, n. 25, p. 22–38, 2010.

STATISTA. **Statistics and Market Data on Telecommunications**. 2019. Disponível em: <<https://www.statista.com/markets/418/topic/481/telecommunications/>>. Acesso em: 29 de mar. de 2019.

TEIXEIRA, R. B.; MACIEL, V. T. **Cartilha Coleta Seletiva**. Rio Branco: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre, 2010. Disponível em: <<http://nipoa.sp.gov.br/Uploads/Cartilhas/CARTILHACOLETACELETIVA.pdf>>.

The World Bank. **World Development Indicators Database**. The World Bank, 2019. Disponível em: <<https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>>. Acesso em: 04 de set. de 2019.

TRIVEDI, R. **Top 5 hybrid Mobile App Frameworks in 2019 – Choose the best one for you**. 2018. Disponível em: <<https://www.weboptimization.com/blog/hybrid-mobile-app-frameworks/>>. Acesso em: 02 de abr. de 2019.

TOTH, A.; LOGO, E. The effect of gamification in sport applications. In: **2018 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 000069–000074. ISSN 2380-7350.

TOTH, A.; TOVOLGYI, S. The introduction of gamification: A review paper about the applied gamification in the smartphone applications. In: **2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 000213–000218.

UNEP. **Global Waste Management Outlook - GWMO**. 2015. United Nations Environmental Programme. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/pt-br/node/1543>>. Acesso em: 13 de jun. de 2019.

UNEP. **Environmental Rule of Law: First Global Report**. 2019. <https://www.unenvironment.org/resources/assessment/environmental-rule-law-first-global-report>. Acesso em: 5 de jul. de 2019.

UNEP. **Global Environment Outlook (GEO-6): Healthy Planet, Healthy People**. 2019. United Nations Environmental Programme. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/resources/global-environment-outlook-6>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.

VAN DOORN, J. et al. Customer engagement behavior: Theoretical foundations and research directions. **Journal of Service Research**, v. 13, n. 3, p. 253–266, 2010.

WSA. **World Summit Awards**. 2019. UN World Summit on the Information Society. Disponível em: <<https://www.worldsummitawards.org>>. Acesso em: 04 de jun. de 2019.

XAMARIN. 2019. Disponível em: <<https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/xamarin/>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

ZICHERMANN, G. **Intrinsic and Extrinsic Motivation in Gamification**. 2011. Disponível em: <<http://www.gamification.co/2011/10/27/intrinsic-and-extrinsic-motivation-ingamification>>. Acesso em: 21 de mai. de 2019.

Apêndices

APÊNDICE A – CONHECIMENTO DOS DISCENTES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

Esta pesquisa tem como objetivo identificar e diagnosticar o conhecimento dos discentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo *Campus* São João da Boa Vista sobre os resíduos sólidos.

O questionário da pesquisa foi pautado na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que, segundo o Art. 4º, "reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos".

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder um questionário. As informações obtidas serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois serão divulgados no contexto geral através de gráficos e tabelas.

Pesquisadora: Fernanda Carla de Oliveira

feroliveira2201@gmail.com | São João da Boa Vista/SP | Fone (19) 99833-4429

Professora orientadora: Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira

lroliveira@unaerp.br | Fone (16) 3603-6774

Doutorado em Tecnologia Ambiental

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Declaro que entendi os objetivos de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Não quero participar desta pesquisa.

1. **Curso:**

2. **Prontuário:**

3. **Idade:**

4. **Sexo:** Feminino Masculino Prefiro não informar

5. **Atualmente você:** Somente estuda Estuda e trabalha

6. Responda de acordo com o seu conhecimento sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Questões	Não sei	Ouvi falar	Li sobre	Conheço bem
Você sabe o que são Resíduos Sólidos?	()	()	()	()
Você sabe o que são Rejeitos?	()	()	()	()
Você sabe que o consumidor possui responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos?	()	()	()	()
Você sabe que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem elaborar e divulgar seus Planos de Resíduos Sólidos?	()	()	()	()
Você sabe o que são Resíduos Perigosos?	()	()	()	()
Você sabe o que é Logística Reversa?	()	()	()	()
Você sabe que é proibido descartar resíduos sólidos ou rejeitos em praias, mar, rios e a céu aberto?	()	()	()	()
Você sabe que é proibido queimar resíduos sólidos ou rejeitos a céu aberto ou em recipientes?	()	()	()	()

7. Indique onde você descartaria os resíduos sólidos listados a seguir:

Resíduos	Caçamba	Coleta seletiva	Lixo Comum	Pontos de coleta
Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens	()	()	()	()
Aspiradores de pó, ferros, torradeiras, fritadeiras, aparelhos de costura, relógios, balanças	()	()	()	()
Bijutérias	()	()	()	()
Bolsas e acessórios	()	()	()	()
Colchões	()	()	()	()
Computadores e periféricos, impressoras, copiadoras, calculadoras	()	()	()	()
Consoles de jogos, jogos de vídeo, pistas de carros de corrida, brinquedos eletrônicos	()	()	()	()
Cosméticos	()	()	()	()
Embalagens de longa vida	()	()	()	()
Entulhos de obras como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, cimento	()	()	()	()

Esmaltes e acetonas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geladeira, micro-ondas, máquina de lavar louças ou roupas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Isopor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lâmpadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lodos gerados nas estações de tratamento de água e esgoto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Madeiras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Óleos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Papel e papelão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Papel higiênico, guardanapo, fraldas e absor- ventes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pilhas e baterias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plástico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pneus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produtos veterinários, restos de processa- mento, estrume, bagaço de cana ou de laranja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rádio, televisão, câmeras ou gravadores de vídeo, instrumentos musicais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Remédios com validade vencida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resíduos da limpeza de galerias, córregos e terrenos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resíduos da varrição de vias públicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Restos de alimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Restos de podas de árvores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Restos de tintas e solventes utilizados em obras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roupas e calçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Saquinhos de café e chá	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seringas e gazes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Serras, ferramentas de soldar, pregar ou apa- rafusar, máquinas de costura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Telefones e celulares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vidro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Indique a frequência com que costuma realizar as ações a seguir:

Atitudes	Nunca	Rara- mente	Às ve- zes	Frequen- temente	Sempre
Faço a separação do lixo doméstico	()	()	()	()	()
Entrego pilhas e baterias em pontos de coleta	()	()	()	()	()
Costumo observar os pontos de coleta de resíduos	()	()	()	()	()
Faço compostagem	()	()	()	()	()
Costumo doar ou vender o que funciona e não uso mais	()	()	()	()	()
Guardo os equipamentos eletrônicos obsoletos ou quebrados em casa	()	()	()	()	()
Comento com os conhecidos sobre pontos de coleta	()	()	()	()	()
Fico em dúvida sobre como descartar alguns resíduos e acabo jogando no lixo comum	()	()	()	()	()

9. Você utilizaria um aplicativo em seu celular para:

Questões	Sim	Não
Contribuir no cadastramento de pontos de coleta	()	()
Fazer check-in quando descartasse algum resíduo sólido em pontos de coleta	()	()
Compartilhar em redes sociais seu descarte ambientalmente correto	()	()

APÊNDICE B – VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Quadro 32 – Relação das variáveis com suas respectivas legendas e questões do instrumento de pesquisa

Legenda	Variável	Questão do instrumento de pesquisa
Curso	1	Curso
Idade	2	Idade
Sexo	3	Sexo
Atualmente	4	Atualmente você somente estuda ou estuda e trabalha?
ResiduoSolido	5	Você sabe o que são Resíduos Sólidos?
Rejeito	6	Você sabe o que são Rejeitos?
CicloVida	7	Você sabe que o consumidor possui responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos?
PlanoRS	8	Você sabe que União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem elaborar e divulgar seus Planos de Resíduos Sólidos?
ResiduoPerigoso	9	Você sabe o que são Resíduos Perigosos?
LogisticaReversa	10	Você sabe o que é Logística Reversa?
DescarteProibido	11	Você sabe que é proibido descartar resíduos sólidos ou rejeitos em praias, mar, rios e a céu aberto?
QueimaRS	12	Você sabe que é proibido queimar resíduos sólidos ou rejeitos a céu aberto ou em recipientes?
Agrotoxico	13	Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens
Aspirador	14	Aspiradores de pó, ferros, torradeiras, fritadeiras, aparelhos de costura, relógios, balanças.
Bijuteria	15	Bijuterias
Bolsa	16	Bolsas e acessórios
Colchao	17	Colchões
Computador	18	Computadores e periféricos, impressoras, copiadoras, calculadoras
Consoles	19	Consoles de jogos, jogos de vídeo, pistas de carros de corrida, brinquedos eletrônicos
Cosmeticos	20	Cosméticos
LongaVida	21	Embalagens de longa vida
EntulhoObra	22	Entulhos de obras como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, cimento
Esmalte	23	Esmaltes e acetonas
Geladeira	24	Geladeira, micro-ondas, máquina de lavar louças ou roupas
Isopor	25	Isopor
Lampada	26	Lâmpadas
Lodo	27	Lodos gerados nas estações de tratamento de água e esgoto
Madeira	28	Madeiras
Metal	29	Metal

(continua)

Quadro 32 - Relação das variáveis com suas respectivas legendas e questões do instrumento de pesquisa

(continuação)

Legenda	Variável	Questão do instrumento de pesquisa
Oleo	30	Óleos
Papelao	31	Papel e papelão
PHigienico	32	Papel higiênico, guardanapo, fraldas e absorventes
Pilha	33	Pilhas e baterias
Plastico	34	Plástico
Pneu	35	Pneus
ProdVet	36	Produtos veterinários, restos de processamento, estrume, bagaço de cana ou de laranja
Radio	37	Rádio, televisão, câmeras ou gravadores de vídeo, instrumentos musicais
Remedio	38	Remédios com validade vencida
Galerias	39	Resíduos da limpeza de galerias, córregos e terrenos
Varricao	40	Resíduos da varrição de vias públicas
Alimentos	41	Restos de alimentos
Podas	42	Restos de podas de árvores
Tinta	43	Restos de tintas e solventes utilizados em obras
Roupa	44	Roupas e calçados
	45	Saquinhos de café e chá
Seringa	46	Seringas e gazes
Serra	47	Serras, ferramentas de soldar, pregar ou aparafusar, máquinas de costura
Telefone	48	Telefones e celulares
Vidro	49	Vidro
SepararLixo	50	Faço a separação do lixo doméstico
EntregarPilha	51	Entrego pilhas e baterias em pontos de coleta
ObservarPontos	52	Costumo observar os pontos de coleta de resíduos
Compostagem	53	Faço compostagem
DoarVender	54	Costumo doar ou vender o que funciona e não uso mais
Guardar	55	Guardo os equipamentos eletrônicos obsoletos ou quebrados em casa
Comentar	56	Comento com os conhecidos sobre pontos de coleta
Duvida	57	Fico em dúvida sobre como descartar alguns resíduos e acabo jogando no lixo comum
Cadastrar	58	Contribuir no cadastramento de pontos de coleta
Checkin	59	Fazer check-in quando descartasse algum resíduo sólido em pontos de coleta
Compartilhar	60	Compartilhar em redes sociais seu descarte ambientalmente correto

Fonte: Autora (2019).

APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO DESCARTEAQUI: ADEQUAÇÃO DO APLICATIVO COM A PNRS E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

Agradecemos a contribuição com os testes para avaliação do aplicativo DescarteAqui.

As informações obtidas neste questionário serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois serão apresentados no contexto geral por meio de gráficos e tabelas.

Pesquisadora: Fernanda Carla de Oliveira

feroliveira2201@gmail.com | São João da Boa Vista/SP | Fone (19) 99833-4429

Professora orientadora: Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira

lroliveira@unaerp.br | Fone (16) 3603-6774

Doutorado em Tecnologia Ambiental

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

1. Que tipo de usuário você é?

- Usuário comum
- Usuário especialista em TI e/ou UX
- Usuário especialista na Política Nacional de Resíduos Sólidos

2. Informe a Cidade/UF onde realizou os testes:

3. O aplicativo apresentou algum erro ou travamento para execução das funcionalidades listadas a seguir?

Funcionalidades	Sim	Não	Não testei
Cadastro de novo usuário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Login no aplicativo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperação de senha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consulta de locais de disposição	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inclusão de local de disposição	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualização dos detalhes do local	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avaliação do local	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sugestão de alteração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descarte de resíduo sólido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compartilhamento em redes sociais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consulta na matriz de resíduos sólidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ranking de pontuação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Atualização do perfil de usuário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. **Caso o sistema tenha apresentado erros, quais foram?**

5. **Quanto a experiência do usuário, você considera que o aplicativo**

Funcionalidades	Sim	Não	Não sei
Possui um propósito bem definido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permite que o usuário utilize as funcionalidades com eficiência, eficácia e satisfação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Possibilita que o usuário encontre o que está buscando	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permite que o usuário se sinta seguro durante a utilização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oferece condições para que o usuário queira utilizar o aplicativo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acrescenta valor no sentido de orientar e incentivar o descarte de resíduos sólidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. **Você conhece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)?** Sim Não

7. **Em uma escala de excelente a péssimo, como você avalia a adequação da Matriz de Resíduos Sólidos em relação à PNRS?**

Adequações	Péssimo	Ruim	Não sei	Bom	Excelente
Classificação dos resíduos quanto à origem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Classificação dos produtos sujeitos à logística reversa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orientações para destinação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. **Fique a vontade para fazer suas considerações**

Anexos

ANEXO A – E-MAIL COM QUESTIONAMENTOS SOBRE APLICATIVO ECOMIND

16/04/2019

Gmail - Sobre o aplicativo Ecomind



Fernanda Carla de Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>

Sobre o aplicativo Ecomind

1 mensagem

Fernanda Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>
Para: ecomind@ecomind.app

15 de abril de 2019 11:53

Bom dia!

Instalei o aplicativo Ecomind (<https://play.google.com/store/apps/details?id=meuResiduo.EcoMind>) no meu celular, mas não consegui localizar as funções que estão na descrição do aplicativo e marcadas abaixo, em vermelho. Conferi a versão que instalei e é a mesma que consta na Play Store (1.0.3).

O EcoMind centraliza informações sobre descarte e reutilização correta de resíduos e é uma rede onde se pode compartilhar suas atividades de descarte, ganhar pontos e disputar uma posição no Ranking EcoMind.

Você pode colaborar com a rede indicando novos pontos de coleta e sugerindo mudanças para pontos já existentes.

Vocês podem me ajudar? Não sei se estou usando errado ou se essas funções ainda não estão disponíveis.

Obrigada!

Fernanda Oliveira

ANEXO B – DECLARAÇÃO DA UNAERP SOBRE NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO



Ribeirão Preto SP
Av. Costábile Romano, 2201
(16) 3603-7000
CEP 14096-900

Guarujá SP
Av. D. Pedro I, 3300
(13) 3398-1000
CEP 11440-003

www.unaerp.br

DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins de direito que, Fernanda Carla de Oliveira, CPF: 275.002.168-58 é aluna regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – nível Doutorado, da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, sob matrícula 434.379, iniciado 12 em agosto de 2016, com duração de 48 meses, término em 12 de agosto de 2020, exigindo disponibilidade integral da aluna. Declaro, ainda, que a referida aluna está desenvolvendo atividades acadêmicas em pesquisa. A referida aluna encontra-se na fase de desenvolvimento e qualificação da sua Tese intitulada "Descarte Aqui: aplicativo multiplataforma, gamificado e colaborativo, para descarte de resíduos sólidos", com a necessidade da pesquisa de campo: "Conhecimento dos Discentes sobre Resíduos Sólidos.

Ribeirão Preto, 16 de abril de 2019.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Neide Lehfeld", written over a horizontal line.

Prof. Dra. Neide Ap. de Souza Lehfeld
Coordenadora de Pesquisa e Pós-Graduação

ANEXO C – AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

17/04/2019

Gmail - Autorização para pesquisa com alunos do IFSP-SBV



Fernanda Carla de Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>

Autorização para pesquisa com alunos do IFSP-SBV

3 mensagens

Fernanda Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>
 Para: "Prof. Eduardo Marmo Moreira" <dumarmo@ifsp.edu.br>
 Cc: "Luciana R. A. Oliveira" <lroliveira@unaerp.br>

16 de abril de 2019 18:55

Boa tarde, Prof. Dr. Eduardo.

Venho por meio deste solicitar autorização para realização de uma pesquisa de campo com os alunos do IFSP Câmpus São João da Boa Vista com o objetivo de identificar e diagnosticar o conhecimento dos alunos sobre os resíduos sólidos.

Em média, o questionário pode ser respondido em 15 minutos. Minha proposta para a coleta de dados é agendar previamente com os docentes que estiverem ministrando aulas em laboratórios de informática e estar presente durante a aplicação.

Aproveito para enviar uma declaração do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP que pontua a necessidade desta pesquisa.

Certa de poder contar com a sua colaboração, agradeço antecipadamente a atenção.

Atenciosamente,

Fernanda Oliveira

 **Declaração UNAERP - Pesquisa de Campo.pdf**
122K

EDUARDO MARMO MOREIRA <dumarmo@ifsp.edu.br>
 Para: Fernanda Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>
 Cc: "Luciana R. A. Oliveira" <lroliveira@unaerp.br>

17 de abril de 2019 14:38

Autorizado.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Eduardo Marmo Moreira
Diretor Geral de Campus
 IFSP-SBV

De: "Fernanda Oliveira" <feroliveira2201@gmail.com>
Para: "Prof. Eduardo Marmo Moreira" <dumarmo@ifsp.edu.br>
Cc: "Luciana R. A. Oliveira" <lroliveira@unaerp.br>
Enviadas: Terça-feira, 16 de abril de 2019 18:55:51
Assunto: Autorização para pesquisa com alunos do IFSP-SBV

[Texto das mensagens anteriores oculto]

Fernanda Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>
 Para: EDUARDO MARMO MOREIRA <dumarmo@ifsp.edu.br>

17 de abril de 2019 15:05

Obrigada! Vou entrar em contato com os coordenadores e agendar diretamente com os professores.

ANEXO D – ORIENTAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

27/03/2020

Gmail - DescarteAqui - Avaliação do Aplicativo



Fernanda Carla de Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>

DescarteAqui - Avaliação do Aplicativo

1 mensagem

Fernanda Oliveira <feroliveira2201@gmail.com>
Para: descarteaqui@ibpsys.com.br

27 de março de 2020 17:49

Boa tarde.

Obrigada por participar da avaliação do aplicativo DescarteAqui!

O DescarteAqui é um aplicativo gratuito, multiplataforma, gamificado e colaborativo. Foi desenvolvido no Programa de Doutorado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Trata-se de uma ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo para a segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos pelos cidadãos.

O aplicativo para Android ainda não está disponível na Google Play Store e por isso o download deve ser feito por meio deste link: <https://drive.google.com/file/d/1NylCGQcJzsyngvPFQq0zo5LSpPFklZ9s/view?usp=sharing>. É necessário configurar seu dispositivo para permitir a instalação de apps a partir de fontes desconhecidas. Ao fazer o download o celular apresenta mensagens de confirmações, mas para mais detalhes [clique aqui](#). Concluído o download, toque no arquivo de extensão *.apk para que seja instalado.

Sua primeira ação será realizar seu cadastro, que deverá ser confirmado por meio de um link que será enviado ao e-mail cadastrado. Caso se esqueça da senha, na tela de login é possível solicitar sua redefinição informando o e-mail ou apelido utilizados no cadastro. No primeiro acesso é essencial que você dê permissão ao aplicativo para acessar os serviços de localização.

A tela principal do aplicativo possui a listagem (≡) dos locais de disposição cadastrados em um raio de até 100 km, que também podem ser visualizados por meio do mapa (📍), e a opção de incluir de um novo local (+), que sempre utilizará as coordenadas do usuário para preencher o endereço. Ao selecionar um local serão exibidos os seus detalhes, possibilitando traçar uma rota ao tocar no endereço, sugerir alterações cadastrais, realizar uma avaliação e efetuar um descarte.

O menu principal permite acesso à matriz de resíduos sólidos (■), que conta com uma listagem de resíduos classificados de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e respectivas destinações ambientalmente adequadas; ao ranking de pontuação (★) das ações realizadas no aplicativo; ao perfil do usuário (👤); às informações sobre o aplicativo (ℹ); e à função de sair do aplicativo (🚪).

Para a avaliação peço que utilizem todas as funcionalidades do aplicativo e que respondam ao questionário de avaliação, disponível no link: <https://forms.gle/DnhU8omrAxdy3JjJ6>, até a próxima sexta-feira, 03/04/2020.

O ideal seria o cadastro de um local de disposição real, no entanto, devido à pandemia do COVID-19 e orientação para permanecermos em casa, peço que utilizem sua localização atual. No final das avaliações os dados serão removidos.

Por fim, agradeço novamente a disponibilidade.

Fernanda Carla de Oliveira
19 99833-4429