

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura**

Bruno Löff Ferreira Leite

**CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA O MUNICÍPIO DE FELIZ (RS)**

Porto Alegre, RS
2020

Bruno Löff Ferreira Leite

**CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA O MUNICÍPIO DE FELIZ (RS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre, RS
2020

CIP - Catalogação na Publicação

Leite, Bruno Löff Ferreira
Contribuição à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos:
Proposta de Pátio de Compostagem para o Município de
Feliz (RS) / Bruno Löff Ferreira Leite. -- 2020.
326 f.
Orientador: Miguel Aloysio Sattler.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e
Infraestrutura, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Resíduos
Orgânicos de Fácil Biodegradação. 3. Compostagem. 4.
Sustentabilidade. I. Sattler, Miguel Aloysio, orient.
II. Título.

BRUNO LÖFF FERREIRA LEITE

**CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA O MUNICÍPIO DE FELIZ (RS)**

Esta dissertação de mestrado foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de pesquisa em Sustentabilidade e Gestão de Riscos, e aprovada em sua forma final, pelo professor orientador e pela banca examinadora, designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 09 de dezembro de 2020.

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS
Coordenadora do PPGCI/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
PhD pela University of Sheffield, Reino Unido
Orientador

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Dr. pela Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha

Prof. Luciana Paulo Gomes (UNISINOS)
Dra. pela USP

Profa. Eugenia Aumond Kuhn (UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Prof. Sergio Luiz Valente Tomasini (UFRGS)
Dr. pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pais,
Doris Löff Ferreira Leite
e Ivan Ferreira Leite
pelo apoio incondicional durante
a construção do presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

À UFRGS, desde a graduação, pelo ensino PÚBLICO de excelência, pelos recursos humanos inigualáveis e pelas relações que construí nesses dez anos que estive aqui.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler, pelo acolhimento, amizade e respeito construídos mutuamente, por confiar nas minhas ideias e sempre tentar me fazer ir além.

À professora Carin Maria Schmitt, pela revisão e aprimoramento do texto do trabalho.

Aos contribuintes para esse trabalho, Greice Athinas Kunrath Chaves, Agente Administrativa da Prefeitura de Feliz, locada no Departamento de Meio Ambiente, e Gerson Flach, Técnico Ambiental da empresa de coleta e destinação de resíduos daquele Município. Ambos foram muito prestativos e cordiais em todas as solicitações feitas por mim, apresentando dados e discutindo possíveis soluções. Além de Eduardo Rodrigues e Júlio César Maestri, pelo compartilhamento de conhecimentos práticos e técnicos sobre pátios de compostagem que utilizam o método UFSC.

Aos meus amigos, que compreenderam a minha ausência quando essa foi necessária durante a construção do presente trabalho, mas, também, e, principalmente, por fazerem parte da minha construção como sujeito.

Aos meus pais, meu irmão e meus familiares, pela longa jornada de apoio e por aturarem meus dias de estresse: vocês fazem parte do que eu sou hoje e sou muito grato pelos valores que absorvi de vocês.

A utopia está lá no horizonte.
Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos.
Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos.
Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei.
Para que serve a utopia?
Serve para isso:
para que eu não deixe de caminhar.

Fernando Birri (1925 – 2017)
citado por Eduardo Galeano (1940 – 2015)

RESUMO

A problemática dos resíduos sólidos inicia quando a humanidade passa a se assentar em comunidades. Ao longo da história houve algumas transições na gestão de resíduos: em alguns momentos a abordagem fora de afastá-los – conhecida como higienista – e, em outros, de tratá-los – abordagem sustentável ou ambientalista. A partir das preocupações ambientais, desde a década de 1950, e da constatação de que o modo como se trata os resíduos gera muitos danos ambientais, houve uma retomada de alternativas, que não fossem a disposição em solo ou a incineração, como primeiro tratamento, mas como última opção. No Brasil, a Lei 12.305/2010 – conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos – propôs que houvesse a implantação de uma hierarquia na gestão dos resíduos (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final, ambientalmente adequada dos rejeitos, nessa ordem). Um dos métodos de reciclagem dos resíduos orgânicos de fácil biodegradação é a compostagem. A fim de contribuir na implementação dessa hierarquia, o trabalho visou um método de gestão de resíduos sólidos de fácil biodegradação, aplicável para municípios de até 20 mil habitantes, ou comunidades com população de tamanho semelhante. Considerando essas premissas, o trabalho tem por **objetivo**: delinear proposta para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos compostáveis, na zona urbana central da cidade de Feliz (RS). A **estratégia de pesquisa** utilizada foi embasada em uma pesquisa construtiva, propondo um modelo de gestão de resíduos, que visa cumprir a Lei 12.305/2010, e, também, atingir um maior nível de sustentabilidade, com soluções baseadas na literatura e em exemplos já consagrados, utilizando o método de compostagem em leiras estáticas com aeração natural, denominado método UFSC. O modelo idealizado conta com: a separação dos resíduos na fonte; sua coleta diferenciada; e a compostagem, no próprio município. Como **resultado**, foi demonstrado que o modelo, além de ser sustentável ambientalmente, é viável economicamente.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.
Resíduos Orgânicos de Fácil Biodegradação. Compostagem. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The problem of solid waste starts when humanity starts to settle in communities. Throughout history there have been some transitions in dealing with waste: at times, the approach was of moving it away – known as hygienist – and, at other times, treating it – the sustainable or environmental approach. Based on environmental concerns, since the 1950s, and on the realization that the way in which waste is treated generates a lot of environmental damages, there was a resumption of alternatives, other than disposal on the ground or incineration, as the first treatment, but as a last option. In Brazil, Law 12.305 - known as the National Solid Waste Policy - proposed an implementation of the hierarchy in waste management (non-generation, reduction, reuse, recycling, waste treatment and environmentally appropriate final disposal of waste, in that order). One of the methods of recycling organic waste, when it is easily biodegradable, is composting it. In order to contribute to the implementation of this method, the **objective** of this work was to: Propose the municipal management of compostable urban solid waste with origin in the central urban area of the city of Feliz (RS). The **research strategy** used was based on a constructive research, proposing a waste management model that aims at complying with Law 12.305 and thus achieve a higher level of sustainability, with proposed solutions found in the literature and on successfully established examples, like the one using the UFSC composting method. The idealized model relies on the separation of residues at their source, differentiated collection, and composting, in the municipality itself. As a **result**, it was demonstrated that the model, in addition to being environmentally sustainable, is economically viable. The **contribution** of the work, therefore, resulted in a method applicable to municipalities with up to 20 thousand inhabitants – or communities with similar population – as a way of managing solid wastes that are easily biodegradable.

Key words: Urban Solid Waste Management.
Organic Wastes of Easy Biodegradation. Composting. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de elaboração da estratégia de uma pesquisa construtiva	34
Figura 2 – Delineamento da pesquisa	35
Figura 3 – Etapas do trabalho	36
Figura 4 – Disposição final dos RSU no Brasil (porcentagem da massa)	73
Figura 5 – Fluxo linear degenerativo	82
Figura 6 – Fluxo regenerativo	83
Figura 7 – Ciclo regenerativo de resíduos	85
Figura 8 – Compostagem com aeração forçada (aspiração)	90
Figura 9 – Sistemas fechados de compostagem	93
Figura 10 – Sistema de reatores verticais de grande escala	94
Figura 11 – Reator horizontal	95
Figura 12 – Método do tambor rotativo	97
Figura 13 – Vermicompostagem sob bananeiras	99
Figura 14 – Vermicompostagem sob lona	99
Figura 15 – Telhado verde, onde foi aplicado um processo de compostagem: Shopping Eldorado, em São Paulo	100
Figura 16 – Canteiros utilizando a técnica de Mini Compostagem Ecológica, em escola	101
Figura 17 – Pátio de compostagem UFSC	103
Figura 18 – Oficina de compostagem no Projeto Família Casca	103
Figura 19 – Pátio de compostagem da Comcap	104
Figura 20 – Leira de compostagem, na Revolução dos Baldinhos	106
Figura 21 – Pátio de compostagem da Sé	107
Figura 22 – Trabalhadores iniciando uma leira de compostagem, em São Paulo	108
Figura 23 – Moradores manejando uma leira recém-construída	110
Figura 24 – Fluxograma dos resíduos sólidos, coletados e % do total coletado, com a implementação do projeto piloto de reciclagem orgânica, entre 2002 e 2003, em Garopaba/SC	111
Figura 25 – Localização do município de Feliz, no Brasil e Rio Grande do Sul, e seus limites	122
Figura 26 – População do Município de Feliz (1970-2018)	124

Figura 27 – Linha do tempo de trabalhos acadêmicos realizados previamente, relacionados ao município de Feliz	128
Figura 28 – Trajeto dos resíduos, da estação de transbordo, até o CRVR	135
Figura 29 – Cronograma de Coleta Seletiva	137
Figura 30 – Modelos de contêineres e respectivos adesivos	138
Figura 31 – Síntese do resultado da aplicação dos indicadores de sustentabilidade na gestão de RCC, no município de Feliz	140
Figura 32 – Caracterização média dos resíduos gerados no Município de Feliz, durante o ano de 2010	142
Figura 33 – Balança em fase de instalação, em julho de 2019	145
Figura 34 – Processo de quarteamento, para constituição da amostra representativa	156
Figura 35 – Amostragem para análise da composição física	157
Figura 36 – Separação em três frações: recicláveis, rejeitos e orgânicos	158
Figura 37 – Proporção usual dos resíduos orgânicos, para montagem das leiras estáticas de compostagem, do projeto de coleta seletiva do campus da UFSC	167
Figura 38 - Dinâmica de manejo de bateria de leiras	172
Figura 39 – Estrutura para lavagem de bombonas do pátio da Destino Certo ...	177
Figura 40 – Esquema da estrutura para lavagem de bombonas	177
Figura 41 – Proposta para definição dos posicionamentos dos PEV	180
Figura 42 – Resíduos da coleta de “secos”, acondicionada em sacos	199
Figura 43 – Resíduos da coleta de material orgânico, acondicionada em sacos	199
Figura 44 – Sacola, com resíduos da coleta “seca”	200
Figura 45 – Sacola, com resíduos da coleta “seca”	200
Figura 46 – Taxa de crescimento da população, em escala logarítmica	212
Figura 47 – Zonas de coleta: centroide, com raio de 500 metros, e centro de resíduos	216
Figura 48 – Planta básica do pátio final (2029-40)	223
Figura 49 – Coleta final na Área 1	228
Figura 50 – Coleta final na Área 2	229
Figura 51 – Coleta entre 2023-2024, no bairro Vila Rica	230
Figura 52 – Coleta entre 2025-2029, nos bairros Centro e Vila Rica	231
Figura 53 – Delimitação de área de coleta – tendo como ponto central o pátio de compostagem – e um raio de ação de 15 km	234
Figura 54 – Economias e despesas anuais em valores presentes	249

Figura 55 – Soma acumulada de custos e benefícios, com e sem a compra de bens	250
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro explicativo sobre materiais orgânicos e inorgânicos	52
Quadro 2 – Metas do PNRS, relacionadas aos RSU	68
Quadro 3 – Ações propostas para atingir a meta 14, do PERS	70
Quadro 4 – Algumas das ações propostas para atingir a meta 43, do PERS	71
Quadro 5 – Normas pertinentes ao uso do composto	89
Quadro 6 – Resumo de alguns exemplos de Coleta Seletiva e Compostagem, em Florianópolis	105
Quadro 7 – Colunas sugeridas para o orçamento final	193
Quadro 8 – Planejamento da amostragem	198
Quadro 9 – Fundamentos para a elaboração do questionário	206
Quadro 10 – Modelo sugerido para o Questionário (não testado)	208
Quadro 11 – Definição das áreas para estruturas complementares	226
Quadro 12 – Potência de cada equipamento	246
Quadro 13 – Itens a serem contemplados na elaboração de uma proposta de projeto, para submissão ao FNMA	252

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pátios de compostagem, em São Paulo	109
Tabela 2 - Produção de vermicomposto e composto, em Cuba (t x 1000)	114
Tabela 3 - Longevidade, Mortalidade e Fecundidade: Município de Feliz (RS) e Brasil	125
Tabela 4 - IDHs do Município de Feliz, todos calculados segundo os critérios da nova metodologia	126
Tabela 5 - Quantidades coletadas, em 2010/2011	142
Tabela 6 - Caracterização dos materiais recuperados para a reciclagem, no ano de 2010, no município de Feliz	143
Tabela 7 - Quantidade de resíduos coletados (t/mês)	144
Tabela 8 - Recuos do pátio, em relação ao porte	179
Tabela 9 - Resultado da caracterização quantitativa da amostra analisada	201
Tabela 10 - Massa média de resíduos coletados (base: outubro de 2019, a fevereiro de 2020)	210
Tabela 11 - Geração de resíduos compostáveis, diária e mensal	213
Tabela 12 - Metas de desvio gradual dos resíduos compostáveis	215
Tabela 13 - Dimensionamento do pátio de compostagem	219
Tabela 14 - Tempo de coleta de resíduos, para os diversos períodos do plano de implementação	232
Tabela 15 - Tempo requerido para alimentação das leiras	232
Tabela 16 - Lavagem das bombonas	234
Tabela 17 - Caracterização dos dados de importância para o detalhamento da atividade de coleta dos materiais estruturantes	235
Tabela 18 - Trituração da parte aérea de árvores	235
Tabela 19 - Peneiramento do composto	236
Tabela 20 - Ensacamento do composto	236
Tabela 21 - Coleta do fertilizante líquido, gerado no processo de compostagem	236
Tabela 22 - Economia associada à implantação de um sistema de gestão de resíduos, alternativo ao de seu direcionamento para aterros	238
Tabela 23 – Valor de venda do composto	239
Tabela 24 - Custos de Manutenção de Equipamentos	240
Tabela 25 – Resumo dos custos com funcionários, com atividades junto ao Pátio de Compostagem	242

Tabela 26 – Resumo dos custos associados ao transporte de resíduos	244
Tabela 27 – Custos associados com o consumo de água	245
Tabela 28 – Custos com energia	246
Tabela 29 – Custos fixos	247
Tabela 30 – Resumo de custos e benefícios	248

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFM – Análise de Fluxos de Materiais

AGCRJ – Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro

AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Cidade de São Paulo)

APP – Área de Preservação Permanente

AU – Agricultura Urbana

CAIXA – Caixa Econômica Federal

CEASA – Central de Abastecimento

CEPAGRO – Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo

CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo (antigo Centro Tecnológico de Saneamento Básico)

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

COMLURB – Companhia de Limpeza Urbana (Cidade do Rio de Janeiro)

COMPAC – Companhia de Monitoramento da Capital (Florianópolis)

CONSEMA-RS – Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

CVVR – Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos

DLU – Diretoria de Limpeza Urbana (Cidade do Rio de Janeiro)

ECOSOC – Conselho Econômico e Social das Nações Unidas

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EUA – Estados Unidos da América

FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FLORAM – Fundação Municipal do Meio Ambiente (Florianópolis)

FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente

FSA – Fundo Sócio Ambiental

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GEE – Gases do Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IFRS – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

IGCE – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (da Unesp)

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

IQAS – Índice de Qualidade dos Aterros Sanitários

ISDM – Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios

MBPP - Município Brasileiro de Pequeno Porte

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

ODM – Objetivos do Desenvolvimento do Milênio

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PED – Países em Desenvolvimento

PERS-RS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Sul

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PMISB – Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PNUMA – Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente

PV – Poço de Visita

RCC – Resíduos da Construção Civil

RS – Rio Grande do Sul

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SESC/SC – Serviço Social do Comércio – Departamento Regional Santa Catarina

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUASA – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

UE – União Europeia

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNESP – Universidade Estadual de São Paulo

USEPA – *United States Environmental Protection Agency*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	24
1.1 CONTEXTO	24
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	29
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	29
1.4 OBJETIVOS	30
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	30
2 MÉTODO DE PESQUISA	32
2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	32
2.2 DELINEAMENTO	34
2.3 ETAPAS DO TRABALHO	36
2.4 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	37
2.4.1 Delimitações do trabalho	37
2.4.2 Limitações do trabalho	38
3 RESÍDUOS SÓLIDOS E COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA	39
3.1 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: BREVE HISTÓRIA DOS PROBLEMAS E SOLUÇÕES ADOTADAS	39
3.1.1 Resíduos sólidos no mundo, ao longo do tempo: problemas e soluções	39
3.1.2 Resíduos sólidos no Brasil, ao longo do tempo: problemas e soluções	47
3.2 TERMOS BÁSICOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	50
3.3 IMPACTOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS	55
3.3.1 Disposição dos resíduos na rua	56
3.3.2 Coleta e transporte de resíduos	56
3.3.3 Destinação e disposição de resíduos	57
3.4 LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	61
3.4.1 Lei nº 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos	61
3.4.2 Plano Nacional de Resíduos Sólidos	65
3.4.3 Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Sul	68
3.4.4 Reciclagem de resíduos sólidos orgânicos, na cidade Florianópolis.	71
3.5 DIAGNÓSTICO DA ATUAL SITUAÇÃO NO BRASIL	72

3.6 SUSTENTABILIDADE	74
3.6.1 Política Internacional relacionada à sustentabilidade	74
3.6.2 A prática da sustentabilidade e sua relação com os resíduos sólidos	81
3.7 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS COMPOSTÁVEIS: A TÉCNICA DA COMPOSTAGEM	87
3.7.1 Compostagem: alguns métodos aplicados recentes	87
3.7.1.1 Compostagem com o emprego de leiras	88
3.7.1.1.1 <i>Compostagem com o uso de leiras estáticas, com aeração forçada...</i>	89
3.7.1.1.2 <i>Compostagem com o uso de leiras estáticas, com aeração passiva...</i>	91
3.7.1.1.3 <i>Compostagem com o uso de leiras estáticas, com revolvimento.....</i>	92
3.7.1.2 Compostagem em sistemas fechados	93
3.7.1.3 Vermicompostagem	97
3.7.2 Compostagem: exemplos de aplicação	99
3.7.2.1 Exemplos de compostagem, no Brasil	99
3.7.2.2 Exemplos de compostagem, no exterior.....	112
3.8 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “RESÍDUOS SÓLIDOS E COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA”	116
4 MUNICÍPIO DE FELIZ (RS): CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM	121
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	121
4.1.1 Localização e história	121
4.1.2 População e dados censitários	123
4.1.3 Economia	126
4.1.4 Estudos prévios	127
4.1.4.1 Descrição dos estudos realizados no NORIE/UFRGS	128
4.1.4.2 Relações entre os estudos prévios e esta dissertação	132
4.2 RESÍDUOS SÓLIDOS NO LOCAL DE ESTUDO	134
4.2.1 Diagnóstico da situação	134
4.2.2 Dados quantitativos	141
4.2.3 Metas e alternativas para o seu cumprimento	146
4.2.4 Alternativas adicionais para atingir as metas	150
4.3 ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM	151

4.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “MUNICÍPIO DE FELIZ (RS): CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM”	153
5 COMPOSTAGEM POR LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO NATURAL: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS PARA SUA IMPLANTAÇÃO	155
5.1 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS	155
5.2 SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA	157
5.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL	159
5.3.1 Programa de Educação Ambiental: princípios	160
5.3.2 Programa de Educação Ambiental: acompanhamento da sua efetividade	162
5.4 DEMANDA DOS PÁTIOS DE COMPOSTAGEM	164
5.5 LICENCIAMENTO	168
5.6 PROJETO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM, COM O MÉTODO DE LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA	168
5.6.1 Método de dimensionamento das leiras	169
5.6.2 Localização e organização de pátio de compostagem	173
5.6.2.1 Área das leiras	174
5.6.2.2 Área de transbordo das bombonas	174
5.6.2.3 Materiais ricos em carbono: área de armazenagem	174
5.6.2.4 Bombonas: áreas para lavagem e armazenagem	176
5.6.2.5 Composto: áreas para peneirar, empacotar e armazenar	178
5.6.2.6 Área verde de proteção	178
5.6.3 Procedimentos operacionais dos pátios	179
5.6.3.1 Bombonas: posicionamento e coleta	179
5.6.3.2 Leiras: alimentação	181
5.6.3.3 Bombonas: lavagem	182
5.6.3.4 Materiais secos: coleta	182
5.6.3.5 Estruturação externa das leiras: trituração de galhos	183
5.6.3.6 Composto: peneiramento e ensacamento	184
5.6.3.7 Fertilizante líquido: volume gerado	185
5.6.3.8 Organização do pátio: tempo para as tarefas necessárias	186
5.6.4 Pátios de compostagem com leiras: orçamento e viabilidade financeira	186
5.6.4.1 Implantação do pátio de compostagem	187

5.6.4.2 Funcionários e EPI	188
5.6.4.3 Água	189
5.6.4.4 Energia elétrica	190
5.6.4.5 Transporte	191
5.6.4.6 Manutenção	191
5.6.4.7 Economia gerada com a coleta dos resíduos.....	191
5.6.4.8 Valor do composto gerado	192
5.6.4.9 Orçamento final e viabilidade financeira	193
5.7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “ORÇAMENTO FINAL E VIABILIDADE FINANCEIRA”	194
6 PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA A CIDADE DE FELIZ (RS)	196
6.1 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA À PREFEITURA	196
6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	197
6.3 MEDIDAS PROPOSTAS AO MUNICÍPIO	202
6.3.1 Separação da fração orgânica dos resíduos	202
6.3.2 Programa de Educação Ambiental	203
6.3.2.1 Programa de Educação Ambiental: proposta ao Município	203
6.3.2.2 Programa de Educação Ambiental: acompanhamento da efetividade ...	205
6.4 PÁTIOS DE COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO: IMPLEMENTAÇÃO.....	209
6.4.1 Demanda do pátio de compostagem: geração de resíduos compostáveis	210
6.4.2 Licenciamento Ambiental	213
6.4.3 Pátio de compostagem: localização	213
6.4.4 Pátio de compostagem: dimensionamento da área das leiras e do pátio	218
6.4.4.1 Dimensionamento da área das leiras	218
6.4.4.2 Dimensionamento da área do pátio	221
6.4.4.3 Materiais e equipamentos para a operação otimizada do pátio	224
6.4.4.4 Estruturas e áreas complementares, do pátio de compostagem: dimensionamento	224
6.4.4.5 Pátio de compostagem: detalhamento dos procedimentos operacionais e cálculo de tempo das operações	227
6.5 PÁTIO DE COMPOSTAGEM PROPOSTO: ORÇAMENTO E VIABILIDADE FINANCEIRA	237

6.5.1 Custos associados com remoção e destinação de resíduos, na municipalidade de Feliz	237
6.5.2 Pátio de compostagem: receita com venda do composto	238
6.5.3 Pátio de compostagem: custos de implantação, operação, manutenção	239
6.5.4 Pátio de compostagem: custos e benefícios	247
6.5.5 Pátio de compostagem: possibilidades de financiamento	250
6.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA A CIDADE DE FELIZ (RS)”	254
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO E SUGESTÃO DE TRABALHOS COMPLEMENTARES	257
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	257
7.2 POSSIBILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO.....	260
7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	261
REFERÊNCIAS	262
APÊNDICE A	275
APÊNDICE B	278
APÊNDICE C	280
APÊNDICE D	281
APÊNDICE E	291
APÊNDICE F	294
APÊNDICE G	305
APÊNDICE H	308
APÊNDICE I	310
APÊNDICE J	311
ANEXO A	312
ANEXO B	313
ANEXO C	317
ANEXO D	320

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo, é construída a introdução ao trabalho, apresentando o contexto no qual ele se insere, o problema de pesquisa, as questões de pesquisa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTO

Ao abordar a problemática dos resíduos sólidos, é essencial que haja uma contextualização histórica. Os resíduos sólidos passam a ser uma questão a ser administrada, quando a humanidade começa a se assentar em locais fixos, por volta de 4000 a.C., pois a destinação dos resíduos, aos quais antes não era dada atenção, acaba se tornando uma nova tarefa diária (PINHO, 2011; JAMES, 1992 *apud* BITENCOURT *et al.*, 2013; EIGENHEER, 2009; VIVEIROS, 2006 *apud* MOTA; SILVA, 2014). Porém, naquele momento, havia duas distinções significativas, com relação aos resíduos sólidos: poucos não eram biodegradáveis, não representando, então, um problema permanente; e, a população dos assentamentos não era tão grande. Tais aspectos distintivos foram determinantes para as duas principais mudanças que alteraram a questão dos resíduos sólidos, ao longo da história.

Com o crescimento das populações, surge a necessidade de deposição dos resíduos em locais mais longínquos. No entanto, como tais resíduos eram, em sua grande maioria, orgânicos, eles tinham propriedades fertilizantes, podendo ser utilizados nas plantações. Eigenheer (2009) comenta que, na Roma Antiga, já havia consciência de tais resíduos serem nutritivos, podendo ser usados na alimentação animal. Desde os primeiros assentamentos humanos, houve esforços para que os resíduos fossem destinados para locais distantes: alguns, via canalizações; outros, valendo-se das cheias naturais de seus cursos d'água, para escoar seus resíduos.

Até o século XIII, em função de constantes mudanças políticas e conflitos, houve pouco avanço na questão de gestão dos resíduos. Tanto o aumento das populações, quanto a pouca compreensão a respeito da ligação entre os resíduos e a saúde pública, acarretou a proliferação de vetores e, em consequência, de doenças e

epidemias (BITENCOURT *et al.*, 2013). Por esse motivo, inicia-se, então, na Europa, uma maior preocupação com a questão dos resíduos, com a implementação da sua coleta e limpeza de vias (EIGENHEER, 2009). Porém, apenas no século XIX, inicia-se a separação entre resíduos sólidos e líquidos. A partir do entendimento da teoria microbiana, as condições sanitárias começaram a melhorar significativamente. Inicia-se então, diante da escassez de materiais e de alimentos, a reciclagem de resíduos na indústria, e o seu emprego na fertilização de solos (BARLES, 2014; EIGENHEER, 2009). Porém, próximo ao final desse século, a reciclagem deixou de ser fonte suficiente de materiais para as indústrias, que passaram a explorar fontes primárias, que, diferentemente dos resíduos, eram mais abundantes e proviam suprimento contínuo. Quanto aos fertilizantes, houve uma crescente substituição dos materiais orgânicos pelos minerais, a partir dos conhecimentos disponibilizados pelas ciências agrárias sobre os nutrientes mais importantes para o crescimento das plantas. Ocorreu, então, desde o início do século XX, a transição para métodos que diminuíssem os custos com descartes, mas que, por outro lado, empregavam métodos insustentáveis, chamados de higienistas, de lidar com resíduos: disposição em solo; incineração, sem recuperação de energia; e descarte em corpos hídricos (BARLES, 2014).

Apenas a partir da segunda metade do século XX, foi possível identificar uma visão sustentável, em contraposição à visão higienista, de afastar os resíduos. Verifica-se, a partir de então, tanto nos Estados Unidos da América (EUA), quanto na Europa, o surgimento de propostas que focavam em três aspectos: diminuição da produção de resíduos; recuperação dos resíduos gerados; e implementação do princípio poluidor-pagador. Barles (2014) comenta que, como essa mudança implicaria em mudanças nos processos de produção, ela não aconteceu.

Já, no Brasil, a questão dos resíduos sólidos passou a ganhar relevância, a partir da vinda da família real portuguesa para o Rio de Janeiro, em 1808, acompanhada pela criação de normas, buscando reduzir o descarte de resíduos nas ruas desta cidade. Porém, foi apenas em 1876, que uma empresa privada, contratada pela municipalidade, passou a cuidar da limpeza urbana. Este serviço continuou sendo transferido do poder público para empresas privadas, até que, em 1901, foi,

definitivamente, assumido pelo poder municipal. Os resíduos passaram a ser destinados para lixões, desde 1876, até a década de 1970, quando passaram a ser destinados para um aterro controlado (EIGENHEER, 2009). Este aterro, que estava em Jardim Gramacho, foi encerrado apenas em 2012 (RIO DE JANEIRO, 2013), em função de sua inadequação ambiental. Ou seja, no Rio de Janeiro, uma das maiores cidades do Brasil, os resíduos eram, de forma inadequada, assim dispostos até o ano de 2012. Um dos motivos para isto era a falta de uma legislação específica, voltada à problemática dos resíduos sólidos. Deve ser destacado, contudo, que, desde 1981, com a Política Nacional do Meio Ambiente, a disposição de resíduos em lixões e em aterros controlados passou a ser proibida. Ademais, desde 1998, tal disposição passou a ser tipificada como crime (CAMPANI, 2016). Porém, tais legislações não foram suficientes para modificar o panorama de disposição de resíduos no Brasil.

O marco legal, implementado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010b), estabelece, de forma clara, algumas diretrizes muito importantes para a gestão de resíduos sólidos, no País, no sentido de modificar o cenário de disposição inadequada. A Lei apresenta, inclusive, a hierarquia a ser adotada na gestão dos resíduos, estabelecendo-a, em ordem de prioridade: a não geração; a redução; a reutilização; a reciclagem; e o tratamento; assim como a disposição final, ambientalmente, adequada, dos rejeitos. Nesta hierarquia, é importante notar que todos os resíduos sólidos, que sejam passíveis de tratamento, devem ter esse destino, restando a opção de disposição final apenas para os que não podem ser tratados; ou seja, os rejeitos. A disposição deve ser feita de forma ambientalmente adequada; isto é, em aterros sanitários, que sigam as normas específicas de Engenharia, para que seu impacto ambiental seja mínimo. Outro mecanismo, estabelecido pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010b), é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que, segundo Campani (2016), requer que a gestão de resíduos tenha início, já na etapa inicial do desenvolvimento dos produtos, buscando-se, tanto evitar o desperdício, como meios de aplicação da hierarquia de resíduos – evitando, ao máximo, a disposição final.

Os instrumentos, para a aplicação da política, são os Planos de Resíduos Sólidos, que devem explicitar como esta será implementada, apresentando, principalmente,

estratégias, diretrizes e metas que possam ser medidas. Os Planos devem ser implantados nas esferas nacional, estadual, microrregional e municipal. Planos de gerenciamento de resíduos também deverão ser adotados em empresas com atividades que resultem em grande geração de resíduos sólidos (BRASIL, 2010b).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi divulgado em 2012 (BRASIL, 2012). Porém, ainda não foi publicado como Decreto e, por isso, não tem força de lei (BRASIL, 2019). Este Plano apresenta quatro seções, com diretrizes para a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que englobam (BRASIL, 2012):

- a) a disposição ambientalmente adequada de rejeitos;
- b) a redução da geração de RSU;
- c) a redução de resíduos recicláveis dispostos em aterro e a inclusão de catadores;
- d) a redução da disposição dos resíduos úmidos nos aterros, e tratamento e recuperação de gases, em aterros.

Essa última seção tem relação direta com a compostagem, que é um dos possíveis tratamentos para os resíduos orgânicos biodegradáveis. Entre suas contribuições, tem-se, por exemplo (BRASIL, 2012, p. 85):

- a) melhor separação de resíduos na fonte;
- b) melhor aproveitamento de resíduos de poda e capina, nos municípios;
- c) possibilidade de contar com ajuda financeira, para implementação de unidades de compostagem e de biodigestão;
- d) contribuir para a educação ambiental, no que tange aos benefícios relativos à separação de resíduos na fonte.

A meta relacionada à quarta Seção do Plano almeja os seguintes resultados: “Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional, em 2013”: de 19%, até 2015; 28%, até 2019; 38%, até 2023; 46%, até 2027; e 53%, até 2031 (BRASIL, 2012, p. 85).

Porém, o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil, em 2018, tal como apresentado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), expõe que, apenas, 124 mil toneladas de resíduos são destinadas às unidades de compostagem, quantidade que, em comparação com as 62,78 milhões de toneladas

coletadas por ano, representam, tão somente, 0,20% do total coletado (BRASIL, 2018a). Assumindo que o diagnóstico feito no PNRS (BRASIL, 2012) ainda seja válido, 51,40% dos RSU são constituídos por matéria orgânica; ou seja, 32,27 milhões de toneladas de matéria orgânica são, quase em sua totalidade, dispostos em aterros, quando, segundo as metas do PNRS, deveriam, ainda em 2019, ter tido 28% deste total desviados para tratamento, por meio da compostagem ou da digestão.

A disposição de resíduos orgânicos em aterros resulta em impactos, por três principais motivos:

- a) em geral, os aterros são distantes das cidades, havendo a necessidade de transporte de um material que é passível de tratamento e que, além de possuir, em sua constituição, uma significativa fração de água, emite gases contribuintes para o efeito estufa (RODRIGUE, 2020);
- b) dispostos em aterros, eles ficam sob condições anaeróbias (sem oxigênio) e geram grandes quantidades de metano no processo de sua digestão, que, tal como os gases acima mencionados, também se constitui em um importante contribuinte para o aquecimento global. (BORJESSON *et al.*, 2004 *apud* LOU; NAIR, 2009);
- c) a água dos resíduos orgânicos, em conjunto com a das chuvas, é lixiviada dos rejeitos, carreando componentes com grande carga tóxica até a base do aterro. Daí, são conduzidos para lagoas de tratamento, para diminuir essa carga poluidora, e, posteriormente, lançados em cursos d'água (BORJESSON *et al.*, 2004 *apud* LOU; NAIR, 2009).

Os efeitos de tais emissões gasosas e líquidas, segundo Borjesson *et al.* (2004 *apud* LOU; NAIR, 2009), podem persistir por centenas de anos.

Todos esses impactos são indicativos da gravidade da situação ocorrente no Brasil, à época da realização deste trabalho, mostrando a urgência da necessidade de implementação de medidas que reduzam a destinação de resíduos para aterros sanitários. Nesse sentido, a compostagem, por ser uma técnica bem conhecida e que apresenta bons resultados, de manejo de resíduos, pode se constituir em importante alternativa, inclusive em grande escala.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa, portanto, em conexão com a contextualização apresentada, está associado à falta de destinação, ou à destinação inadequada, de resíduos sólidos urbanos (RSU), inclusive pelo fato de a Lei 12.305 (BRASIL, 2010b) determinar que tão-somente rejeitos sejam destinados para aterros sanitários. Faz-se necessária, neste contexto, a criação de propostas que impactem, positivamente, na efetivação dos Planos, em âmbito nacional, estaduais, microrregionais e municipais de resíduos sólidos, de modo a contribuir para um melhor aproveitamento daquilo que, hoje, é disposto, de forma irregular, em aterros sanitários, mas que pode vir a ser fonte de prosperidade econômica, e contribuir para a amenização de problemas de natureza ambiental e social.

É intenção, pois, desta dissertação de mestrado, propor práticas mais sustentáveis de gerenciamento de resíduos sólidos compostáveis. Mais especificamente, pretende-se ilustrar, por meio de uma proposta de aplicação a uma pequena comunidade, uma solução replicável em municípios de até 20 mil habitantes, ou mesmo, em bairros de cidades maiores, com populações semelhantes. Entende-se que a segregação e posterior compostagem da fração orgânica dos resíduos poderiam, além de diminuir consideravelmente o volume de resíduos encaminhado a aterros sanitários, ajudar tais municípios a cumprir as metas do PNRS, além de contribuir para a geração de renda, produção de alimentos orgânicos com o composto gerado, e aumento da conscientização ambiental.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa proposta, associada ao problema de pesquisa, é:

Conhecidas as características do município de Feliz (RS), especialmente de seus resíduos sólidos, que proposta poderia ser formulada, no sentido de empregar a compostagem, como forma de tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos gerados por esta pequena comunidade?

1.4 OBJETIVOS

A partir dos acima identificados problema de pesquisa e questão de pesquisa, é proposto o objetivo **geral** do trabalho:

Propor um plano de gestão para os resíduos sólidos urbanos compostáveis, tendo, como foco, a zona urbana central da cidade de Feliz (RS).

Como objetivos **específicos**, tem-se:

- a) propor um método de projeto para a implementação de pátios de compostagem, para o tratamento dos resíduos sólidos compostáveis, que possa ser replicado em outras pequenas municipalidades;
- b) propor, para o município de Feliz (RS), um modelo de gestão de resíduos sólidos, que oriente sobre: como a própria população poderá separar adequadamente, em suas residências, a fração orgânica compostável de resíduos sólidos; e como o governo municipal poderá avançar na implementação, tanto de uma política de educação ambiental; como, progressivamente, de um processo de coleta seletiva da fração orgânica compostável; e
- c) avaliar a viabilidade financeira, para o caso do município de Feliz (RS), da implementação de pátios de compostagem, com aumento gradual da sua capacidade de tratamento.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é estruturada da seguinte forma:

- a) Método de Pesquisa – apresenta, de forma sucinta, como foi feita a construção do presente trabalho, detalhando: a estratégia de pesquisa adotada; o seu delineamento; e as suas delimitações;
- b) Resíduos Sólidos e Compostagem: uma breve revisão da literatura – com o intuito de apresentar a temática dos resíduos sólidos e focar no assunto específico dos resíduos orgânicos compostáveis. Esta revisão bibliográfica busca trazer uma visão global do tema, abordando resíduos sólidos sob os seguintes enfoques: história; termos básicos; impactos; leis e planos no Brasil; diagnóstico da atual situação no Brasil; sustentabilidade; e compostagem, como técnica aplicável no tratamento dos resíduos, quando orgânicos compostáveis;
- c) Caracterização do Município - o capítulo apresenta a municipalidade de Feliz (RS), que se constituiu no objeto de referência para esta proposta,

apresentando, para tal: a caracterização geral do Município; o diagnóstico da situação do gerenciamento de resíduos na Cidade; o método de compostagem sendo proposto, em seguimento ao método sugerido para a separação da fração orgânica compostável;

- d) Considerações teóricas sobre a compostagem, por leiras estáticas, com aeração natural – apresenta o método de compostagem e suas características gerais, o dimensionamento de um pátio de compostagem, assim como a avaliação de sua viabilidade financeira;
- e) Aplicação do método – é apresentado o passo-a-passo das atividades desenvolvidas junto ao Município, incluindo: o diálogo com a Prefeitura; a caracterização dos resíduos e medidas propostas; apresentando, desde a proposição da separação da fração orgânica, até a implementação do pátio de compostagem, além da análise da viabilidade financeira do empreendimento;
- f) Considerações Finais – apresenta uma descrição sumária dos estudos realizados nesta dissertação, como um todo, e sugestões para trabalhos futuros.

2 MÉTODO DE PESQUISA

No presente capítulo, é apresentado o método de pesquisa utilizado para a elaboração do trabalho. São apresentadas: a estratégia de pesquisa; o seu delineamento; as etapas; e as delimitações e limitações da pesquisa.

2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa, segundo Yin (2001), pode ser relacionada a três aspectos: “a) o tipo de questão de pesquisa; b) o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos; [e] c) o foco em fenômenos históricos, em oposição a fenômenos contemporâneos”. Menciona, como estratégias: estudos de caso, “experimentos, levantamentos, pesquisas históricas e análise de informações em arquivos”. Lukka (2003), por sua vez, apresenta a estratégia denominada pesquisa construtiva (*constructive research*), como derivada de estudos de caso. Ele a descreve como (LUKKA, 2003, p. 83, tradução nossa):

[...] um procedimento de pesquisa para a **produção de construções inovadoras, destinadas a resolver problemas enfrentados no mundo real** e, com isso, contribuir para a teoria da disciplina em que é aplicada. A noção central dessa abordagem, a (nova) construção, é uma noção abstrata, com um grande número, de fato, infinito, de realizações potenciais. Todos os artefatos humanos – **como modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação** – são denominados construções. É característico deles que eles sejam inventados e desenvolvidos, não descobertos. Ao desenvolver uma construção, cria-se algo que difere profundamente de tudo o que existia antes: novas construções trazem, por definição, [uma] nova realidade.

As características principais, segundo Lukka (2003, p. 84, tradução nossa):

[...] exigem que: concentre-se em problemas relevantes do mundo real, a serem resolvidos na prática; produz uma construção inovadora, destinada a resolver um problema inicial do mundo real; inclui uma tentativa de implementar a construção desenvolvida e, assim, um teste para sua aplicabilidade prática; implica em um envolvimento e cooperação muito próximos entre o pesquisador e os profissionais, de maneira semelhante à equipe, na qual se espera que a aprendizagem experiencial ocorra; está explicitamente ligado ao conhecimento teórico prévio; e presta especial atenção a refletir, novamente, as descobertas empíricas da teoria.

Já, sobre o resultado, Lukka (2003, p. 85, tradução nossa) menciona que o ideal é:

[...] que um **problema do mundo real seja resolvido por uma nova construção implementada, com grande contribuição prática e teórica**. Esse tipo de resultado, provavelmente, seria satisfatório do ponto de vista de todas as partes interessadas no projeto de pesquisa. No entanto, deve-se notar que, do ponto de vista acadêmico, também os projetos que, por uma razão ou outra, falham no nível prático, ainda podem ter implicações teóricas significativas.

A ideia de que a pesquisa construtiva só é válida se houver uma construção implementada é contraposta por Crnkovic (2010, p. 365, tradução nossa), que menciona que a pesquisa construtiva:

[...] implica na construção de um artefato (**prático, teórico ou ambos**) que resolva um problema específico de domínio, a fim de criar conhecimento sobre como o problema pode, em princípio, ser resolvido (ou entendido, explicado ou modelado). A pesquisa construtiva fornece resultados que **podem ter relevância prática e teórica**. A pesquisa deve resolver diversos problemas de conhecimento relacionados, relativos à viabilidade, melhoria e novidade. **A ênfase deve estar na relevância teórica do construto**.

Segundo Oyegoke (2011, p. 579, tradução nossa):

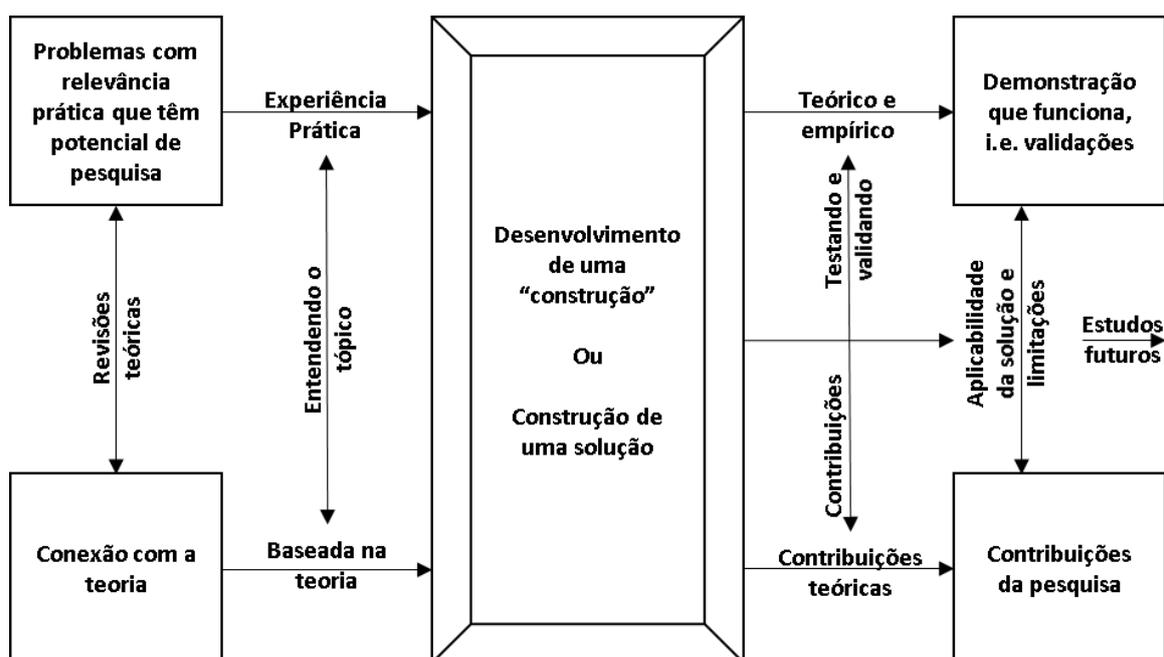
A abordagem construtiva é baseada em um **projeto de construções ou construções de uma solução**. Kasanen *et al.* (1993) referem-se às construções como forma de produzir soluções para problemas explícitos: um processo de mudança; algo profundamente diferente de tudo o que existia antes delas serem criadas; algo que produz uma nova realidade, onde sua usabilidade possa ser demonstrada por meio da implementação de soluções.

Sobre o processo de elaboração da pesquisa construtiva, Oyegoke (2011, p. 579-580, tradução nossa) apresenta a Figura 1 e o descreve da seguinte maneira:

Ele começa com a identificação de problemas de relevância prática, que têm potencial de pesquisa, por meio de revisões da literatura teórica, e fundamentada em experiência prática. Compreende epistemologia, teoria e questões técnicas, que fornecem a postura filosófica e contextualizam e informam o estudo. Isso permite que o pesquisador entenda o assunto. Tanto a conexão baseada na teoria, quanto a experiência prática, informam um melhor projeto de um construto. O construto pode ser validado por meio da triangulação de diferentes abordagens, dependendo do trabalho em questão. O teste, a justificação e a validação podem ser empíricos ou teóricos, quantitativos ou qualitativos, ou ambos, para demonstrar que a solução funciona. O estudo também deve abranger a aplicabilidade da solução, a restrição em sua aplicação, e estudos adicionais, se aplicável. Devem ser destacadas as contribuições teóricas e de pesquisa. É importante notar que este processo não é linear, conforme apresentado, ou padrão *post hoc*, mas um processo dinâmico e interativo entre diferentes fases.

Em resumo, a pesquisa construtiva se baseia em um problema da vida real, buscando uma solução não inovadora, com possibilidade de validação, contando com recursos de diversos métodos. Em geral, há uma aplicação prática, mas esta não é um requisito fundamental. A presente pesquisa adotou essa estratégia de pesquisa, visto que a proposta é a de construção de um modelo replicável, baseado em métodos consagrados na literatura, mas aplicado em situação ainda não retratada em pesquisas anteriores. O ideal seria aplicar a pesquisa a campo e ter avaliações práticas dos resultados; porém, isso não impede que os resultados obtidos no presente trabalho sejam aplicados e aprofundados, a partir de uma experiência prática.

Figura 1 – Processo de elaboração da estratégia de uma pesquisa construtiva



(fonte: OYEGOKE, 2011)

2.2 DELINEAMENTO

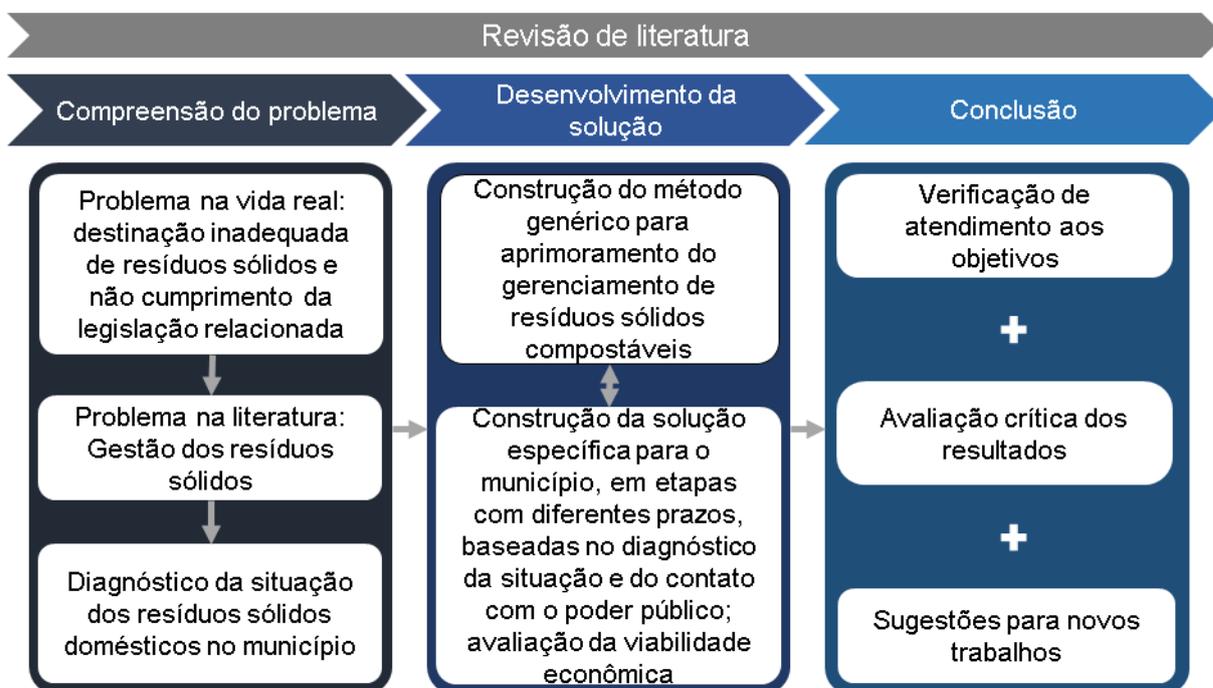
A pesquisa foi realizada em três etapas principais: compreensão do problema, desenvolvimento de soluções e conclusão. Para a compreensão do problema, inicialmente, foi aprofundado o conhecimento sobre resíduos e métodos de tratamento para esses; e, particularmente em relação aos compostáveis, suas características e

métodos de compostagem. Ainda nesta primeira fase, visto que a pesquisa pretendeu propor mudanças no gerenciamento de resíduos sólidos de municípios de pequeno porte, foi analisado o sistema atual de gestão de resíduos do município de Feliz (RS).

A seguir, foi elaborado o método de dimensionamento de um pátio de compostagem, baseado na bibliografia referente ao assunto; método esse, construído de forma genérica, para possível replicação em outros locais. Concomitantemente, foram desenvolvidas soluções para o município de Feliz (RS). O projeto foi concebido de modo a ser implementado em diferentes etapas. Foram apresentadas propostas de melhorias, resultantes das análises realizadas e que foram julgadas aplicáveis no gerenciamento dos resíduos compostáveis do Município, a partir do contato com gestores locais e com base na bibliografia consultada.

Na fase final, de conclusão, foram revistos os objetivos, para verificar se estes foram alcançados. Também foi feita uma avaliação crítica dos resultados, assim como foram traçadas sugestões para trabalhos futuros, relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos. Na Figura 2, é apresentado o delineamento da pesquisa.

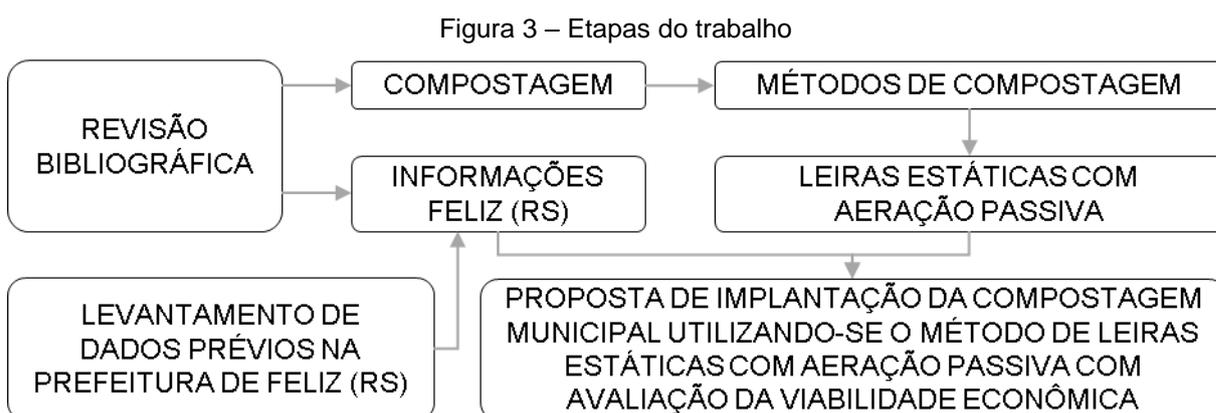
Figura 2 – Delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

2.3 ETAPAS DO TRABALHO

Para melhor entendimento da sequência de etapas empregada no desenvolvimento do trabalho, foi criado o fluxograma identificado na Figura 3. Essas etapas são detalhadas nos parágrafos seguintes.



(fonte: elaborada pelo autor)

O trabalho iniciou com uma **revisão bibliográfica**, de forma a aprofundar conhecimentos sobre o tema, particularmente no concernente a resíduos sólidos. Ela permitiu identificar os assuntos julgados mais importantes para a realidade do objeto do estudo de caso, contribuindo, assim, para que houvesse uma maior compreensão do contexto amplo, tanto de caráter teórico, como sobre práticas adotadas no Brasil e no exterior. Como a compostagem constitui o ponto central da dissertação, esta foi tratada com maior profundidade. Foram analisados os seguintes aspectos relacionados aos resíduos sólidos: sua história; terminologia; impactos relacionados ao seu gerenciamento; legislação; e o diagnóstico da atual situação brasileira. Em um sentido mais amplo, foi abordada a sua relação com o tema da sustentabilidade, em termos de políticas internacionais, bem como com aqueles relacionados à sua prática, particularmente, no que diz respeito aos resíduos sólidos. Da convergência entre os temas associados a resíduos sólidos e sustentabilidade, foi definida a compostagem, como a técnica selecionada para o tratamento de resíduos orgânicos compostáveis, por ser uma técnica ambientalmente sustentável, que reintegra os resíduos em seu

ciclo natural. São, então, apresentados diferentes métodos de compostagem, incluindo exemplos nacionais e internacionais de aplicação desse tratamento.

A seguir, é feita uma descrição do município estudado, Feliz (RS). Sua caracterização foi possível a partir da bibliografia disponível, bem como de fontes do próprio Município e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, destacando aspectos geográficos, políticos e econômicos, assim como de estudos prévios realizados na localidade. Mais especificamente com relação aos resíduos sólidos, são apresentados dados extraídos do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – PMISB (FELIZ, 2012) e dados fornecidos diretamente pela Prefeitura e pela empresa por ela contratada para a realização da coleta e tratamento dos resíduos municipais.

Após, passou-se ao aprofundamento da proposta de gestão de resíduos sólidos para Feliz (RS), com utilização do método de compostagem, baseado em critérios propostos pela bibliografia consultada. Considerando o contexto, foi escolhido o método de leiras estáticas, com aeração passiva. A partir dessa escolha, foi aprofundado o conhecimento sobre o método, para que a proposta fosse a mais adequada possível à realidade da municipalidade. Neste sentido, foram utilizadas fontes bibliográficas e contatos com técnicos, de modo a aprofundar os conhecimentos a respeito do método. A última parte do trabalho foi, então, a apresentação à municipalidade da proposta concebida, de implantação de um sistema de gestão de resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis, que apresenta, inclusive, a avaliação da viabilidade econômica da sua implantação.

2.4 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

A dissertação, naturalmente limitada pela escassez de recursos financeiros e de tempo, procurou, ainda assim, realizar uma abordagem do assunto de forma bastante ampla.

2.4.1 Delimitações do trabalho

A intenção da pesquisa foi a de analisar e aprimorar o sistema de gerenciamento de resíduos de um município de pequeno porte, a partir de exemplos identificados na

bibliografia consultada, propondo medidas, para que o mesmo atinja um maior nível de sustentabilidade, e simultaneamente, gerar diretrizes gerais para que os resultados possam ser replicados em municipalidades com características semelhantes.

Assim, o trabalho se limita ao estudo de uma única cidade de pequeno porte - Feliz (RS), com 13.547 pessoas (IBGE, 2019) - mas que, estima-se, possa servir como exemplo para municípios com até 20 mil habitantes. A proposta é ainda delimitada pelo fato de propor a gestão para *resíduos sólidos compostáveis* e por empregar *um único método de compostagem*.

2.4.2 Limitações do trabalho

Pode-se citar, como limitações do trabalho, a precisão, inferior ao desejável, para uma proposta definitiva de gestão de resíduos para o Município. Cabe destacar, no entanto, que o método poderá ser aprimorado gradualmente, para tanto carecendo, tão somente, de informações mais precisas. Pode-se citar, entre as fontes de imprecisão, por exemplo, os custos de materiais para construção das instalações do pátio de compostagem.

Outras limitações, nesta fase identificáveis, são: a proposta de pátio de compostagem se referir, tão somente, aos resíduos gerados na parte central da cidade Feliz (RS) e, como já salientado, não ter sido possível, até a data de conclusão desta dissertação, a implementação da solução. Diante do exposto, uma avaliação e crítica da proposta apresentada ainda não pode ser viabilizada.

3 RESÍDUOS SÓLIDOS E COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo é abordado o tema de resíduos sólidos e, particularmente, o da compostagem de resíduos orgânicos, como uma alternativa de gestão de tais resíduos. Revisa-se a literatura técnica, de modo a identificar o atual estado da arte, particularmente no que concerne a tais temas, de modo a identificar: um histórico sobre formas ilustrativas de como tem sido realizada a sua gestão; termos básicos relacionados ao assunto; impactos associados a diferentes formas de gestão; legislação; diagnóstico da situação atual; resíduos e sustentabilidade; e, particularmente, sobre a compostagem, como técnica integrada à sua gestão.

3.1 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: BREVE HISTÓRIA DOS PROBLEMAS E SOLUÇÕES ADOTADAS

Como ponto inicial, é necessário identificar o ser humano como um gerador de resíduos. Enquanto em sua fase nômade, por não se restringir a se estabelecer em apenas um local, quando os recursos de um local eram esgotados, as tribos simplesmente se deslocavam para um novo local, sem se preocupar com seus resíduos, já que não identificavam problemas associados a tal comportamento. A partir do momento em que o homem começa a plantar e passa a constituir assentamentos, o volume de resíduos acumulados cresce e começa a requerer alguma forma de manejo (PINHO, 2011; JAMES, 1992 *apud* BITENCOURT *et al.*, 2013; EIGENHEER, 2009; VIVEIROS, 2006 *apud* MOTA; SILVA, 2014). Segundo Seadon (2006 *apud* PINHO, 2011), na Antiguidade, os resíduos eram colocados diretamente nas cercanias das residências, ou eram queimados, já que ainda não existiam diretrizes para a sua destinação.

3.1.1 Resíduos sólidos no mundo, ao longo do tempo: problemas e soluções

Eigenheer (2009) afirma que os resíduos passam a constituir um problema, quando da formação das primeiras cidades, há, aproximadamente, cerca de 4000 a.C. Entretanto, os resíduos, apesar de passarem a ser considerados geradores de novos

problemas, logo também passaram a ser identificados como proporcionando benefícios, como o seu uso como fertilizante. Assim, na Roma Antiga (século I a.C.) já existia a consciência de que os resíduos orgânicos poderiam ter uma utilidade em aplicações agrícolas. Este autor chama à atenção para o fato de que, no imaginário popular, desde então, os resíduos orgânicos passam a ser tratados como algo desprezível, que devem ser afastados, mas, também, são identificados como algo que pode ter alguma utilidade. Identifica-se, desde então na história, duas formas diferenciadas de encará-los.

Outro ponto importante a ser mencionado é o de que a separação entre resíduos sólidos e líquidos passou a ser feita apenas por volta do século XIX; ou seja, até então muitas civilizações davam a mesma destinação para ambos (EIGENHEER, 2009). Juuti (2007 *apud* MOTA; SILVA, 2014) complementa que foi na Antiguidade que se iniciou a prática de descarte de resíduos na água corrente.

No entanto, é difícil precisar quando se iniciou, efetivamente, a preocupação das populações e dos administradores públicos com a destinação dos resíduos. Eigenheer (2009), por exemplo, aponta que os sumérios tinham seu “abastecimento e desabastecimento” administrado pelos sacerdotes e que escoavam as águas servidas por canalizações de barro. Os babilônios, seguidos dos assírios, por sua vez, conduziam suas águas servidas para canais. Seadon (2006 *apud* PINHO, 2011) reporta que, já no ano de 2000 a.C., era praticada a gestão de resíduos, na cidade de Mahenjo-Daro, no Vale Hindu, informação essa corroborada por Hösel (1990 *apud* EIGENHEER, 2009).

Outro exemplo citado por Eigenheer (2009), refere os egípcios, que, já por volta de 3000 a.C., utilizavam as cheias do Rio Nilo para irrigar suas plantações. Para tanto, eles aproveitavam a maior proximidade das águas, a ela destinando suas próprias águas servidas, que, por sua composição, contribuía para fertilizar suas plantações. As preocupações mencionadas estavam mais relacionadas à destinação de resíduos líquidos, já que os resíduos sólidos, “[...] basicamente orgânico[s], era[m], com certeza, aproveitado[s] como alimentação para animais” (EIGENHEER, 2009, p. 28).

Na Grécia, os primeiros registros sobre a coleta de águas servidas indicam a sua ocorrência já no século V a.C. (HÖSEL, 1990 *apud* EIGENHEER, 2009). Por volta de 320 a.C., no entanto, a disposição de resíduos sólidos nas ruas passa a ser proibida, havendo agentes que limpavam as ruas, inclusive coletando excrementos. Os gregos, também em torno desse período, já identificavam e faziam uso das propriedades fertilizantes dos resíduos e excrementos (EIGENHEER, 2009).

Barles (2014, p. 201, tradução nossa) relata que, em Roma, “[...] a necessidade de limpar espaços urbanos poluídos foi a raiz da famosa *cloaca maxima* romana, construída por Tarquínio, o Soberbo (no século VII-VI a.C.)”. Eigenheer (2009) complementa, informando que tal rede de esgotos foi construída como decorrência da existência de uma rede de distribuição de água, de nível elevado (abastecendo o palácio imperial, as casas de banho e toaletes públicas, e casas particulares de nobres), o que implicou na necessidade de escoar os rejeitos aí gerados. Em 45 a.C., foi publicada uma lei (*Lex Julia*), que obrigava os proprietários das casas a limpar as calçadas e a rua em frente às respectivas propriedades.

De acordo com Eigenheer (2009), a decadência e queda do Império Romano (transição da Idade Antiga, para a Média) acarretou a não manutenção das conquistas sanitárias obtidas, anteriormente, em Roma. Isto foi determinante na geração de problemas graves de saúde pública, como epidemias. Somente no século XIII d.C., volta a ocorrer a preocupação com a saúde pública, que resultou na implementação de normas para a destinação de resíduos e a distribuição de água.

No que concerne a outros locais da Europa, em torno do início da Idade Média, há poucas informações sobre como os resíduos eram tratados, por terem ocorrido muitas transformações nas cidades, em decorrência do domínio dos povos bárbaros, com o que o crescimento das cidades passa a ocorrer apenas no fim da Idade Média (EIGENHEER, 2009). Hösel (1990 *apud* EIGENHEER, 2009) descreve as condições higiênicas nos burgos e explica que a única preocupação nesta direção era a de conduzir as águas servidas para além dos muros ou para fossos. Bitencourt *et al.* (2013, p. 27) argumentam que o aumento, tanto do consumo, quanto da quantidade de diferentes produtos; a geração de uma multiplicidade de resíduos com distintas características, somados com aqueles originários dos resíduos orgânicos (alimentos

e excrementos), criaram um ambiente propício para a multiplicação “[...] de ratos e para a eclosão de doenças e epidemias”. Juuti (2007 *apud* MOTA; SILVA, 2014), corrobora com isto, lembrando o fato de que as pessoas residentes em cidades, à época, jogavam os seus resíduos pelas janelas, sendo tal atitude considerada normal. Pinho (2011), no mesmo sentido, destaca que a “peste negra” e outras epidemias, ocorreram durante o século XIV d.C. por falta de salubridade do ambiente urbano.

Por outro lado, a partir de 1281 d.C., em Londres, passaram a ser desenvolvidos esforços no sentido de melhorar a limpeza pública, que se apresentava em situação calamitosa. Em 1340, Praga inicia seus serviços de coleta de resíduos e limpeza das vias, que foi inaugurado com o calçamento das ruas, o que possibilitou a circulação de carroças, então utilizadas para o transporte dos resíduos. Posteriormente, avanços passaram a ocorrer também em Paris (final do século XIV, logo após a “peste negra”), Leiden (1407), Colônia (1448), Bruxelas (1560), onde, inclusive, houve emprego de compostagem, e em Londres (1666) (EIGENHEER, 2009). Então, na transição entre as Idades Média e Moderna, ao final do século XV, ocorre um ponto de inflexão, com relação à forma de gerenciamento dos resíduos sólidos e das questões sanitárias.

Barles (2014) informa que, durante o século XVIII, o pensamento médico esteve muito relacionado ao tratado de Hipócrates - “Ares, águas e lugares” - fazendo com que os médicos analisassem, frequentemente, os locais como possíveis determinantes das taxas de mortalidade. No seu entender, a causa de doenças poderia ser o ar, pelo seu contato constante com o corpo, sendo um meio de transmissão para miasmas, advindos do solo contaminado pelos resíduos putrefatos. Esses fatos levaram a recomendações para que as cidades passassem a ser “[...] mais aeradas e diminuíssem sua putrefação, cobrindo melhor o solo, melhorando o gerenciamento dos resíduos, com uma varrição e limpeza universalizadas e melhor distribuição desses serviços” (BARLES, 2014, p. 204, tradução nossa). Tais colocações são corroboradas por Eigenheer (2009, p. 69), que adiciona que essas recomendações eram de difícil implementação e, por isso, os resultados delas eram insatisfatórios, por “[...] dificuldades financeiras, logísticas, educacionais e sócio-políticas”. Este autor ainda relata que, com a criação da teoria microbiana, na metade do século XIX, em contraposição à miasmática, houve importantes mudanças, com a criação de políticas

públicas relacionadas aos dejetos humanos e à saúde pública, como uma mais rigorosa destinação dos resíduos de esgoto, para melhoria da qualidade da água.

Na mesma época – meados do século XIX – com o rápido crescimento da industrialização e urbanização, houve um aumento na demanda por comida e materiais, o que resultou na escassez desses (BARLES, 2014). A falta de estrume animal, utilizado previamente como fertilizante, levou a estudos e práticas que mostraram o potencial dos resíduos alimentares e excrementos de diferentes origens para esse fim (WINES, 1985 *apud* BARLES, 2014; TARR, 1996 *apud* BARLES, 2014), o que resultou na crescente utilização de resíduos reciclados, para emprego como fertilizantes (DUMAS, 1866 *apud* BARLES, 2014). O próprio livro “Os Miseráveis”, de Victor Hugo (1862 *apud* EIGENHEER, 2009), constitui uma espécie de manifesto em favor dos resíduos, ao dar destaque aos desperdícios e ao absurdo da poluição de corpos d’água, crescentemente transformados em receptores de resíduos e excrementos. Barles (2014) apresenta bons exemplos de reciclagem em indústrias, para mostrar diferentes alternativas de utilização para os resíduos, reduzindo o desperdício. Citando Napias (1882 *apud* BARLES, 2014, p. 207, tradução nossa), a autora comenta: “Na indústria, não deve haver nenhum resto e tudo deve ser usado, tanto para a própria indústria, quanto para a agricultura”.

A partir da década de 1870, porém, houve um recuo nas práticas de reciclagem, pois as indústrias começaram a considerar a crescente oferta de resíduos um limitante para o seu próprio avanço, passando a ocorrer, a partir de então, um aumento no uso de fontes primárias. Como exemplo, pode-se citar o caso do papel, que por muito tempo foi feito a partir de trapos, posteriormente passando a ser feito a partir de fibras de madeira; ou, ainda, outros objetos, produzidos com o uso de ossos e outros materiais, os quais, devido à pequena oferta dessas, para suprir a sua demanda, foram sendo crescentemente substituídos por plásticos, produzidos a partir de carvão ou petróleo (BARLES, 2014).

Algo similar ocorreu em relação aos fertilizantes: com a descoberta da importância de determinados nutrientes para o crescimento das plantas (tais como o nitrogênio, o fósforo e o potássio), passou a ocorrer uma busca por esses elementos em fontes não-orgânicas, daí resultando que os fertilizantes minerais passaram a ser

crescentemente mais utilizados que os orgânicos. Isto ocorre, também, em consequência da crescente desconexão entre a cidade e a agricultura (BARLES, 2014).

Outro motivo para a diminuição da reciclagem, segundo Jugie (1993 *apud* BARLES, 2014), foi o crescente descarte de resíduos embalados em caixas e sacolas, que, aparentemente, iniciou por volta de 1860, dificultando o trabalho dos catadores e diminuindo o valor dos resíduos que seriam reciclados (orgânicos compostáveis e secos recicláveis). Barles (2014) chama à atenção para o fato de que, como decorrência de um aumento no consumo, na época, houve um aumento na geração de resíduos, assim como a emergência de novos tipos de resíduos, como, por exemplo, aqueles associados ao uso e descarte de embalagens, que datam do início do século XX.

Muitas cidades, porém, não abandonaram o conceito de reciclagem e o adotaram, mesmo após os fatos mencionados. São exemplos, Marseille e Paris, que destinavam seus esgotos aos campos, para serem utilizados como fertilizantes. Posteriormente, a fermentação Zymotérmica, utilizada em Florença, em 1912, possibilitou a produção de fertilizantes de melhor qualidade, que passaram a competir com os fertilizantes minerais (JOULOT, 1946 *apud* BARLES, 2014). Outro passo importante, iniciado por volta de 1880, particularmente identificado na França e nos EUA, no sentido do aumento da reciclagem, foi a substituição da catação manual pela mecânica, criando um ambiente mais saudável aos trabalhadores, em paralelo com o aumento da racionalização e eficiência no trabalho (BARLES, 2014). Estes trabalhadores, a partir de então, passaram de uma condição de trabalhadores autônomos, para assalariados (JOULOT, 1946 *apud* BARLES, 2014).

Entre os sistemas de gestão de resíduos, também merece destaque a incineração, sendo a que há mais tempo é empregada, acompanhando o ser humano desde os primórdios de uso do fogo. Já, no início do século XX, Barles (2014) destaca a existência, em 1900, de 121 incineradores na Inglaterra. Com o aprimoramento das técnicas de incineração, esta, que antes era valorizada, principalmente por sua capacidade de reduzir o volume e massa dos resíduos, teve o seu emprego consideravelmente ampliado, por possibilitar a geração de energia, principalmente

para uso industrial. Em Liverpool, os bondes passaram a ser alimentados com a energia provinda da incineração e, as cinzas resultantes eram utilizadas na fabricação de argamassa, estruturas e calçadas de concreto (PARIS, 1909 *apud* BARLES, 2014).

Entretanto, ao longo do século XX, foi observada uma significativa redução no emprego de métodos de recuperação, reciclagem e tratamento de resíduos. Segundo Barles (2014, p. 214, tradução nossa),

[Constatou-se que] os custos operacionais das usinas de recuperação de resíduos eram muito maiores do que as receitas da venda de produtos. O mesmo foi verificado relativamente às fazendas de tratamento de esgotos, o que conduziu ao seu abandono, tanto na Europa, como na América do Norte (elas continuaram sendo usadas no México, no entanto). Quanto à recuperação de energia, os custos superaram os retornos [...].

A partir dessa mudança, o uso de resíduos deixou de ser considerado como uma interessante oportunidade de negócio. Com isso, o desenvolvimento de técnicas, relacionadas ao tratamento de resíduos, passou a ser direcionado àquelas que possibilitavam uma diminuição de custos relacionados ao seu descarte. Nesse sentido, as técnicas que mais se propagaram foram: incinerar, sem recuperação de energia; moer o resíduo; drenar os resíduos diretamente aos corpos hídricos (essa relacionada, principalmente, ao esgoto doméstico); e a disposição no solo (BARLES, 2014). Eigenheer (2009, p. 71) menciona que não existiram avanços significativos, no que concerne à destinação final dos resíduos sólidos, até a metade do século XX, pois, até então, os destinos dos resíduos eram, majoritariamente, “[...] o mar, os rios e áreas limítrofes”. Quando direcionados ao solo, eram cobertos com terra e, posteriormente, com grama. Tais destinações podem ser consideradas como uma forma prévia à alternativa dos atuais aterros sanitários, que começaram a operar na segunda metade do século XX.

Os países que não seguiram esses padrões foram: a Alemanha, onde, sob regime ditatorial, até 1945, a reciclagem foi incentivada; e a Holanda, onde era praticada uma “recuperação agrícola” dos resíduos domésticos, desde a década de 1930, o que gerava cerca de duzentas mil toneladas de composto, por ano, na década de 1960, como resultado da reciclagem de resíduos gerados por cerca de dois milhões de pessoas (BARLES, 2014).

Com a intensificação de discussões ambientais, na década de 1950, houve uma mudança de paradigma na gestão dos resíduos sólidos: da abordagem higienista, para a ambientalista. Segundo Barles (2014, p. 217, tradução nossa, grifo nosso):

Em obras, como “A Cidade na História”, de Lewis Mumford, em que o autor denuncia o “Paraíso Paleolítico: Coketown” e o “O Mito da Megalópole”; assim como a “A Morte e a Vida das Grandes Cidades Americanas”, de Jane Jacobs, ambos publicados em 1961, os autores criticam as cidades industriais. Engenheiros, como Abel Wolman, em seu célebre artigo “O Metabolismo das Cidades”, publicado na *Scientific American*, em 1965; e ecologistas, como Eugene Odum, nos Estados Unidos, ou Paul Duvigneaud, na Europa, concordaram com historiadores e planejadores urbanos, que apontavam **o gerenciamento das cidades e seu metabolismo absurdo, como criando um impasse**. Eles argumentaram que, como esses sistemas heterotróficos, não apenas importavam seus alimentos e a maioria dos recursos de que precisavam, mas, também, que, como após o seu uso, transformavam esses materiais em resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, eles estavam causando consideráveis impactos aos ambientes urbano e natural. Em particular, Duvigneaud foi além, ligando a crise social à ambiental. O primeiro, na sua concepção, era uma consequência do segundo. **É possível discernir, aqui, a mudança de uma abordagem higienista – cujos defensores consideraram a remoção de resíduos, como uma resposta adequada para o problema da salubridade urbana – para uma abordagem ambientalista, que, embora muitas vezes permaneça antropocêntrica, revelou os limites da primeira abordagem, diante da inseparabilidade das sociedades humanas, da biosfera que a sustenta.**

Porém, apesar dos danos sociais e ambientais relacionados à gestão, até então sendo praticada relativamente aos resíduos, a sua geração só aumentou durante o século XX. Isto gerou uma crise, determinada pela forma adotada para a sua gestão, assim como pelos danos causados às populações, pela toxicidade associada a tais resíduos. Foram criados, a partir dessa crise, os “primeiros grandes projetos políticos”, nos EUA e na União Europeia, que enfatizavam a necessidade de redução da produção de resíduos e da recuperação desses, além da recomendação da implementação do princípio “poluidor-pagador”: que internaliza os custos das externalidades relacionadas aos danos ao ambiente, e que ocorram posteriormente à coleta e ao tratamento, devendo, pois, serem somadas aos custos desses serviços (BARLES, 2014).

Este autor salienta que, apesar da implementação desta legislação progressista, em relação aos resíduos, alguns entraves acabaram diminuindo sua efetividade. São exemplos disto: a necessidade de unidades de triagem e reciclagem; a reorganização da coleta, pela separação doméstica de resíduos; os preços da matéria prima

secundária, para a indústria; os custos da energia gerada, que não eram competitivos com matérias primas e fontes de energias clássicas; e preconceitos com relação a produtos elaborados a partir de resíduos. Barles (2014, p. 221, tradução nossa) relata que, “na fonte, programas de redução de resíduos tiveram muito pouco sucesso, pois isso exigiria que a esfera de produção fosse repensada”. A autora ainda afirma que a aplicação do princípio “poluidor-pagador” não foi suficiente para que houvesse uma readequação da indústria, visto que esse custo era ínfimo, em relação aos seus orçamentos, ou aos custos associados às diferentes alternativas de redução de resíduos emitidos. Assim, segundo Barles (2014, p. 221, tradução nossa): “Essas razões explicam por que, apesar de suas ambições, as políticas de gerenciamento de resíduos implementadas em países desenvolvidos, nos últimos quarenta anos, não foram particularmente bem-sucedidas”.

3.1.2 Resíduos sólidos no Brasil, ao longo do tempo: problemas e soluções

Eigenheer (2009) aborda, separadamente, a história dos resíduos no Brasil, visto que ela acaba um pouco desconectada de sua história recente em países desenvolvidos. Essa ideia é corroborada por Barles (2014, p. 221, tradução nossa), ao comentar:

Contra o pano de fundo de pobreza crônica, estruturas de gerenciamento ineficientes e fracas regulamentações, a proliferação de lixo em países em desenvolvimento fez dos resíduos um problema sanitário, social, ambiental e econômico.

Eigenheer (2009), ao analisar a história dos resíduos no Brasil, apresenta, particularmente, a história dos resíduos no Rio de Janeiro, com apenas breves comentários sobre a ocorrente em outros locais. Eigenheer (2009, p. 93), ao se referir ao Brasil, comenta que é “[...] um país continental, que se desenvolveu de forma muito desigual. Suas cidades guardam, até hoje, profundas diferenças regionais, culturais e de renda. Ademais, poucas se dedicaram à memória da limpeza urbana”. É indiscutível que as cidades brasileiras, em seus quatro primeiros séculos de história, tinham padrões higiênicos que deixavam a desejar, fato que, segundo Eigenheer (2009), pode ser inferido de documentos e notícias de viajantes.

Em relato de Luccock (1951 *apud* EIGENHEER, 2009), é mencionado que todos os resíduos gerados nas residências eram depositados em latas, que eram posteriormente esvaziadas em praias e praças. Em outro depoimento, Macedo (1952 *apud* EIGENHEER, 2009) refere que tal esvaziamento era realizado por escravos, na própria rua, na frente das residências. Quando as casas não contavam com tal lata, os resíduos eram simplesmente jogados no próprio pátio, contribuindo para a proliferação de insetos e doenças.

Porém, desde a chegada da corte portuguesa, em 1808, editais, tais como as leis de hoje (ARQUIVO NACIONAL DO RIO DE JANEIRO, 1808 *apud* EIGENHEER, 2009), proibiam a população de jogar seus resíduos domésticos em logradouros públicos, instituindo, inclusive, punição para quem o fizesse. Alinhado com tais iniciativas, em 1852 houve uma manifestação, por parte de um parlamentar, como relatado pelo AGCRJ (ARQUIVO GERAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 1831 *apud* EIGENHEER, 2009), de que lançar os resíduos (“imundícies”, como chamados na época) no mar agravava o estado sanitário do Município. As mudanças com relação ao saneamento da cidade começaram a acontecer, efetivamente, somente a partir de 1864 (EIGENHEER, 2009, p. 102):

[...] [com] a implantação de um sistema de esgoto[s] na cidade, em 1864, [...] por meio] de uma companhia inglesa – a *The Rio de Janeiro City Improvements Company Limited* - pelo menos em parte da cidade. Isto possibilitou [o surgimento de] uma especialização [no contexto da] limpeza urbana, voltada [...] [especificamente para a gestão] do lixo.

A efetivação dos serviços de limpeza [...] ora [via] a contratação de firmas particulares, ora com a organização de serviços públicos, esbarrava em inúmeros entraves técnicos, administrativos, financeiros e de costumes da população. Em 11/10/1876, contratou-se a firma de Aleixo Gary, que foi um marco importante para a limpeza urbana do Rio de Janeiro. Daí a designação, até hoje, de “gari” para alguns empregados da limpeza urbana.

Novidades foram [então] introduzidas, como o uso de canos especiais para coleta de lixo e irrigação das ruas, e até mesmo a instalação de quiosques urinários e latrinas. Mas os problemas perduraram, já que muitos [dos] serviços foram compartilhados com outras firmas. A empresa de Gary [permaneceu operando] [...] até 1891. Depois dela, os serviços de limpeza ficaram a cargo da Inspetoria de Limpeza Pública, que iniciou, em 1895, a construção de um forno para [a] queima de lixo em Manguinhos. A experiência fracassou.

Os serviços de limpeza urbana, na cidade do Rio de Janeiro, ainda retornam à iniciativa privada, entre 1898 e 1901, quando é criada a Superintendência de Limpeza Urbana, mas o serviço segue precário. Em 1940, “[...] foi criada a Diretoria de Limpeza Urbana (DLU), e, em 1975, a Companhia de Limpeza Urbana (Comlurb)” (EIGENHEER, 2009, p. 102).

Quanto à destinação dos resíduos, Eigenheer (2009) menciona que, entre os anos de 1865 e 1949, eram destinados à Ilha de Sapucaia. Após, como indica o documento de Rio de Janeiro (2013), os resíduos passaram a ser conduzidos para os aterros “[...] do Retiro Saudoso (Caju), do Amorim e de Cavalcanti (Marechal Hermes). Só no final da década de 1970, a cidade passou a ter um aterro adequado (não sanitário) no município de Caxias”, que permaneceu em atividade até o ano de 2012. Em relação a esses aspectos, pode-se destacar (EIGENHEER, 2009, p. 102 e 103, grifo nosso):

No Brasil, assim como no Rio de Janeiro, procurou-se introduzir, ao longo do século XX, novidades técnicas no tratamento de lixo. Inicialmente, buscou-se a alternativa da incineração e, posteriormente, das usinas de triagem e compostagem. Estas procuram aproveitar a parte orgânica, para compostagem, e outra, para reciclagem. **Entretanto, após serem misturadas na fonte e no processo de coleta, fica difícil obter-se materiais de boa qualidade.** Além disso, é grande a quantidade do refugo. Na década de 1970, foi implantada a Usina de Irajá, e, em 1992, a do Caju. Disseminadas pelo País, essas usinas não constituíram experiências bem sucedidas, como em outros países. Uma outra opção é a incineração, que, porém, é cara, e da qual restam ainda 10% de cinzas. **Nenhuma técnica de tratamento pode prescindir, em última instância, de um aterro sanitário.**

Uma especial referência é feita ao trabalho dos catadores, que, segundo Eigenheer (2009, p. 114), “[...] há séculos nas cidades, buscam o reaproveitamento daquilo que é jogado fora e ainda pode ter valor”. O autor menciona que há relatos sobre a atuação dos catadores, no Jornal do Comércio, já em 1895, por seu trabalho no local de destino dos resíduos, a Ilha de Sapucaia. O texto do Jornal menciona aspectos do trabalho executado, até então, pelos catadores.

Explorão aquelle monturo como se explora uma empresa vasta, complicada e rendosa. Uma verdadeira alfandega!

São uns quarenta ou cinquenta, muito unidos e amigos, e que do Rio de Janeiro só conhecem a Sapucaia. Dividem entre si, com todo o methodo e ordem, os variados serviços das diversas repartições do lixo.

Tudo alli é aproveitado, renovado, re-utilizado e reventido.

Os viveres deteriorados servem para o sustento da corporação. O rancho é um alpendre, construído no meio da Sapucaia; sobre a mesa figurão as victualhas pescadas naquelle oceano de sujidades e cacos, restos de carne secca, trechos de bacalháo, raspas de goiabada, massas, frutas verdoengas ou semi-podres, formando tudo um conjuncto esquipatico de manjares que elles devorão como se fosse leitão assado com farofinha. (JORNAL DO COMÉRCIO, 1895 apud EIGENHEER, 2009, p. 114)

Em São Paulo, em 1982, houve a criação de organização dos catadores “[...] no sentido de lhes dar maior dignidade profissional e, mesmo, [de] melhorar seus ganhos” (EIGENHEER, 2009, p. 118). Tal iniciativa resulta na formação da Cooperativa dos Catadores Autônomos de Papel, Aparas e Materiais Reaproveitáveis, em 1989. Eigenheer (2009, p. 118) relata:

Muitas prefeituras, depois, passaram a apoiar essas iniciativas e mesmo a incentivá-las, buscando integrá-las ao sistema de limpeza urbana. Isto se dá principalmente no uso das cooperativas nos sistemas de coleta seletiva de lixo, tanto no recolhimento como na triagem dos materiais.

Segundo Eigenheer (2009), a primeira experiência de coleta seletiva, com a separação, na fonte, de resíduos recicláveis secos, foi em um bairro, em Niterói, em 1985, e, a primeira cidade a ter esse sistema foi Curitiba, em 1988. O autor ressalta que, “[...] contudo, entre nós esta prática tem enfatizado, mais a separação prévia de materiais destinados à reciclagem industrial (na tradição dos catadores), e menos a compostagem da fração orgânica do lixo” (EIGENHEER, 2009, p.103).

Uma análise mais aprofundada da situação atual é apresentada, mais adiante no presente trabalho, em relação aos dados de coleta, tratamento e destinação de resíduos.

3.2 TERMOS BÁSICOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010b) propõe definições para termos relacionados aos resíduos sólidos e ao seu gerenciamento. Alguns termos utilizados na presente pesquisa são destacados, para sua melhor compreensão. Quanto à definição de resíduos sólidos, tem-se (BRASIL, 2010b, art. 3º, inciso XVI):

[...] 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.

Os rejeitos são definidos como (BRASIL, 2010b, art. 3º, inciso XV, grifo nosso):

[...] resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Importante apresentar, aqui, a definição de **lixo**, do Dicionário... (2020), que, apesar de, no vocabulário coloquial, ou no senso comum, equivaler ao termo **resíduos sólidos**, na verdade se assemelha mais ao termo **rejeito** (DICIONÁRIO..., 2020, grifo nosso):

- Resíduos provenientes de atividades domésticas, industriais, comerciais etc. que **não prestam e são jogados fora**. [...]
- Qualquer coisa **sem valor ou utilidade**.

Tem-se, quanto à origem dos resíduos sólidos urbanos, os RSU, foco principal desse trabalho, a seguinte classificação (BRASIL, 2010b, art. 13, inciso I):

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b" [...].

Quanto às diferenças entre os materiais presentes nos resíduos sólidos, Lafay (1997) apresenta um quadro, para explicação do que sejam materiais orgânicos e inorgânicos (Quadro 1). É importante notar que o resíduo papel está em um grupo intermediário, em relação à facilidade de biodegradação.

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010b, art. 3º, inciso X) apresenta, também, a definição do que seja o gerenciamento de resíduos sólidos: “[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, ambientalmente adequada, dos resíduos sólidos, e disposição final, ambientalmente adequada, dos rejeitos [...]”. Com relação à coleta (BRASIL, 2010b, art. 3º, inciso V, grifo nosso), tem-se a definição do que seja a **coleta seletiva**: “[...] coleta de resíduos sólidos, **previamente segregados**, conforme sua constituição ou composição”.

Quadro 1 – Quadro explicativo sobre materiais orgânicos e inorgânicos

Material orgânico		Material Inorgânico
É todo aquele que se originou do processo da fotossíntese (vida). Composto, basicamente, de carbono, hidrogênio e oxigênio. O material oriundo do lixo ainda pode ser dividido em dois grupos, devido a suas características de biodegradação.		Este material pode possuir carbono na sua composição, porém não se originou do processo da fotossíntese (vida). Os metais costumam se degradar em presença de oxigênio (fenômeno da oxidação). O vidro, sendo outro constituinte inorgânico do lixo, não se degrada. Exemplos: Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro), SiO ₂ (sílica, principal constituinte do vidro).
Fácil Biodegradação	Difícil Biodegradação	
São exemplos disso: os restos de comida, cascas de frutas, verduras, etc.	Os plásticos, de modo geral, são o melhor exemplo; porém, neste grupo ainda se tem a presença do papel , que possui um período de degradação intermediário entre os dois grupos.	

(fonte: LAFAY, 1997)

Após a coleta, transporte e transbordo dos resíduos, tem-se as etapas de destinação e de disposição final ambientalmente adequada. Esses termos são assim definidos (BRASIL, 2010b, art. 3º, incisos VII e VIII, grifo nosso):

[...] **destinação final ambientalmente adequada**: destinação de resíduos que inclui a **reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético** ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama [Sistema Nacional do Meio Ambiente], do SNVS [Sistema Nacional de Vigilância Sanitária] e do SUASA [Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária], entre elas a **disposição final**, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

[...] **disposição final ambientalmente adequada**: **distribuição ordenada de rejeitos em aterros**, observando normas operacionais específicas de modo

a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Portanto, é importante destacar que a disposição final é uma possibilidade de destinação apenas para rejeitos, ou seja, de resíduos sólidos que têm sua possibilidade de tratamento ou recuperação esgotada. Os resíduos sólidos, que ainda tenham possibilidade de tratamento, deverão, então, ser: reutilizados, reciclados, compostados, recuperados ou aproveitados energeticamente.

Quanto à disposição final, o único método, ambientalmente adequado, é o de aterros sanitários. No entanto, existem outros, em uso corrente no País: o lixão e o aterro controlado. O lixão é o método menos elaborado dos três mencionados. Segundo Lafay (1997, p. 17), neste caso os resíduos são depositados sobre o solo, “[...] sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública”. Ele argumenta que esse método de disposição pode acarretar proliferação de doenças, por meio de vetores biológicos, além da propagação de maus odores, em direção a áreas próximas. Quanto aos danos ao meio ambiente, os resíduos podem gerar a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, em virtude da geração de chorume (líquido de cor escura, malcheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no **lixo**¹), comprometendo a saudabilidade dos recursos hídricos.

Um método de disposição intermediário entre os lixões e os aterros sanitários, é o aterro controlado. A diferença dele para o lixão, segundo Lafay (1997), é a de que, nos aterros controlados, os resíduos são cobertos por uma camada de material inerte, ao final de cada jornada de trabalho. Porém, a exemplo dos lixões, “[...] geralmente não possuem impermeabilização de sua base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de chorume, ou de dispersão dos gases gerados”.

¹ Ao longo do presente trabalho, não se utiliza a palavra **lixo**, pelo fato de tal palavra ter conotação semelhante ao que, formalmente, é denominado como rejeito; ou seja: uma matéria sem valor e sem possibilidade de tratamento/aproveitamento, diferentemente dos resíduos sólidos.

Vale a menção de que, tanto lixões, quanto aterros controlados são proibidos, desde 1981, segundo Campani (2016, p. 20, grifo nosso),

[...] A Lei 6.938/1981 [...] instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente [PNMA] e fixou vários artigos para proibir os lixões, como, por exemplo, o Art. 2º, que prevê a **proteção dos ecossistemas**, bem como a **recuperação de áreas degradadas**; [e] o Art. 9º, que prevê **penalidades para quem causar a degradação ambiental**. A PNMA também é reforçada pela Constituição Federal, que vigora desde 1988, que determina como **direito de todo o cidadão, viver num ambiente equilibrado** e [que] considera um **dever de todos a sua preservação**. Ainda há a Lei 9.605/1998², conhecida como a Lei dos Crimes Ambientais, que, no seu artigo 54, fixa como **crime**:

Art. 54. **Causar poluição de qualquer natureza**, em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

§ 2º Se o crime:

[...] V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos:

Pena - reclusão, de um a cinco anos.

§ 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução, em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

O aterro sanitário é caracterizado como o único método adequado de disposição de resíduos em solo, já que deve observar “[...] normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010b, art. 3º, inciso VII). Lafay (1997) apresenta medidas técnicas a serem aplicadas em aterros sanitários:

- a) sistema de drenagem superficial de águas pluviais: para diminuição de líquidos percolados;
- c) sistema de drenagem de líquidos percolados e impermeabilização do leito do aterro: para que o solo e o lençol freático não absorvam tais líquidos proveniente dos resíduos;

² BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos. 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, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 6 set. 2020.

- d) sistema de tratamento e captação dos líquidos percolados: para que tais líquidos não sejam descartados diretamente no meio ambiente, com sua carga poluidora;
- e) sistema de drenagem de gases: as condições anaeróbias (sem oxigênio) criadas nos aterros acarretam a decomposição anaeróbia dos resíduos orgânicos, gerando os gases metano e dióxido de carbono. Tais gases poderão ser conduzidos à superfície dos aterros, onde poderá ser feita a combustão do metano (e possível aproveitamento energético), com redução de sua contribuição para o efeito estufa;
- f) formação de células de resíduos: durante a operação do aterro, os resíduos são dispostos, compactados e recobertos por camada de terra, formando células; e
- g) cobertura final do aterro: ao final da operação do aterro, há o recobrimento por “[...] fina camada de terra fértil, onde algumas espécies vegetais, resistentes a elevadas temperatura, possam ser cultivadas”.

Ao final das operações no aterro, é necessário o seu monitoramento. A necessidade de monitoramento de aterros é contínua e permanente, assim como o são todas as medidas acima mencionadas, para que não ocorram danos ambientais, após o encerramento das atividades no aterro (FORMAS..., 1999). O IPT (1995 *apud* FORMAS..., 1999) aponta as técnicas de monitoramento mais utilizadas: “[...] piezometria, poços de monitoramento, inclinômetro, marcos superficiais e controle da vazão”.

3.3 IMPACTOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os impactos relacionados aos resíduos iniciam no momento de sua entrega pela população (CEPAGRO, 2016b; BRASIL, 2013) e, dependendo da sua destinação, seguem ocorrendo por muitos anos (BORJESSON *et al.*, 2004 *apud* LOU; NAIR, 2009, p. 2). Os impactos decorrentes da geração de resíduos sólidos estão relacionados a questões ambientais, sociais e econômicas. Quanto aos ambientais, de forma simplificada, tem-se, para diferentes sistemas de tratamento, a geração de: gases de efeito estufa (GEE) e de outros gases tóxicos; chorume (LAFAY, 1997); e cinzas e escórias (LYLE, 1994). Com relação aos impactos sociais, pode-se mencionar os impactos à saúde da população, em geral (CEPAGRO, 2016b; BRASIL, 2013). Na questão econômica, os resíduos requerem quantidades expressivas de recursos

públicos, para o seu gerenciamento e destinação, o que acaba por envolver interesses mercadológicos, como mencionado por Rolnik (2012).

3.3.1 Disposição dos resíduos na rua

A forma de disposição dos resíduos pela população pode gerar danos para a saúde das comunidades. O Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo (CEPAGRO, 2016b) menciona que, em 2008, houve um surto de leptospirose, em uma comunidade de Florianópolis, decorrente do descarte de resíduos nas ruas, que eram revirados por animais e causavam a proliferação de doenças. Tal surto acarretou a morte de dois moradores da comunidade. Esse fato exemplifica que os impactos gerados pelos resíduos podem começar antes mesmo da coleta, ou em decorrência da falta dela. Segundo o Fundo Nacional de Saúde – Funasa (BRASIL, 2013, p. 27):

A associação entre saúde e saneamento é evidente. [...] [Nos locais] em que os sistemas de saneamento são adequados, há saúde. [...] [Nos locais] em que [as] condições de saneamento são precárias, ou [onde] não existe qualquer ação de saneamento, há muitos casos de doenças.

O mesmo documento da Funasa (BRASIL, 2013, p. 28) menciona: “[...] como as doenças relacionadas com o lixo podem ser transmitidas [...]”: transmissão direta, por microrganismos presentes nos resíduos; ou transmissão indireta: “[...] por contaminação do ar, da água e do solo, e por vetores de doenças [...]” como ratos, baratas, escorpiões, etc. No mesmo documento, ainda são apresentados mais detalhadamente os vetores, o meio de transmissão e quais doenças poderão ser propagadas por eles.

3.3.2 Coleta e transporte de resíduos

Essa etapa do gerenciamento de resíduos acarreta impactos, em diferentes escalas geográficas (RODRIGUE, 2020):

- a) localmente: geram ruídos e emissão de monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio (gerando impacto na saúde pública);

- b) regionalmente: emitem dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, podendo gerar chuvas ácidas; a emissão e acumulação de compostos químicos na atmosfera, criando nevoeiros de poluição;
- c) globalmente: emitem GEE.

O autor ainda salienta que muitos são os problemas acarretados: no solo, por erosão e contaminação, por materiais perigosos e metais pesados; e, na biodiversidade, principalmente em decorrência da construção de rodovias, drenagem de banhados, desmatamento e fragmentação do habitat de animais (RODRIGUE, 2020).

3.3.3 Destinação e disposição de resíduos

Os aterros sanitários, além dos impactos associados ao seu transporte a longas distâncias, provocam a emissão de GEE, gases tóxicos e chorume, possivelmente, por centenas de anos (BORJESSON *et al.*, 2004 *apud* LOU; NAIR, 2009, p. 2). Segundo Bolognesi (2012), apenas cerca de 50% do biogás (metano) gerado tem condições de ser captado; o restante é introduzido diretamente na atmosfera. Outro problema associado à implantação de aterros é o de requererem grandes áreas, as quais se tornam inutilizáveis por muitos anos. Segundo Lafay (1997), os impactos ambientais causados pelos lixões e aterros controlados são quase os mesmos. Todos determinam impactos diretos: no solo e nas águas subterrâneas, por falta de tratamento adequado do chorume (líquido percolado, ou lixiviado); e na atmosfera, pela emissão de inúmeros gases, onde, diferentemente do que ocorre com os aterros sanitários, não ocorre qualquer captação e aproveitamento.

Quanto à incineração, Lyle (1994) considera que ela possui “[...] atraentes vantagens de curto prazo”. Menciona o fato de não necessitar de transportes a longas distâncias e de possibilitar recuperar a energia incorporada nos resíduos, com a geração de eletricidade. Quanto às desvantagens, ele cita que (LYLE, 1994, p. 226):

Mesmo com o melhor equipamento de controle de poluição, incineradores lançam ao ar volumes consideráveis de monóxido de carbono, dióxido de enxofre e de nitrogênio, dioxinas (que são extremamente tóxicas, mesmo em pequenas quantidades), e numerosos metais, incluindo chumbo e mercúrio. [...]

[Mesmo com a queima], a poluição dos lençóis freáticos continua sendo um problema. A incineração não faz o lixo [...] desaparecer [inteiramente]. Pelo

menos 25 por cento do volume original [se transforma em] [...] cinzas, que ainda precisam ser dispostas, normalmente em aterros. Essas cinzas continuam contendo, em uma forma concentrada, uma quantidade considerável de materiais perigosos, que estavam presentes no lixo, especialmente metais, que são liberados no processo de queima.

Além disso, incineradores são equipamentos caros.

Contrastando com o que Lyle (1994) apresenta acima, sobre emissões de gases poluentes, um relatório produzido pela Alemanha (2005) apresenta dados atualizados sobre as emissões de dioxinas, na queima de resíduos: entre 1990 e 2000 houve redução de 99,999% na quantidade emitida, mesmo com o aumento no número de incineradores instalados. Tal diminuição na quantidade de gases está ligada ao fechamento ou atualização das plantas pré-existentes no país, e à instalação de plantas mais eficientes.

Bolognesi (2012) apresenta uma comparação entre os impactos ambientais de aterros sanitários e unidades de recuperação energética de RSU – ou incineradores. Segundo o autor, alguns impactos ambientais ainda não foram estudados mais profundamente (BOLOGNESI, 2012, p. 26):

Dentre esses impactos ainda não quantificados, está o adensamento de tráfego, que é maior para aterros, devido ao maior trajeto, na medida em que os aterros geralmente estão ficando cada vez mais distantes. Esse é um impacto importante, porque interfere no tráfego. No caso dos aterros, é necessário transbordar este material, enquanto na unidade de recuperação energética não se [requer] [...] transbordo. Outro impacto, refere-se aos passivos pós-encerramento, que são muito grandes para aterros, mas que não existem nas usinas de recuperação energética. Odores, impacto visual e desvalorização do entorno são outros impactos que nos estudos que nós pesquisamos são chamados de *disamenities*. Há, também, a presença de vetores e organismos patogênicos, praticamente exclusivos de aterros.

Na comparação de impactos, feita por Bolognesi (2012, p. 28), relativamente àqueles associados a aterros sanitários e unidades de recuperação energética de RSU, os valores encontrados foram identificados como sendo de mesma ordem, para a maioria dos compostos emitidos estudados, com algumas exceções, que são intrínsecas aos sistemas utilizados (a queima gera cinzas, enquanto a disposição no solo gera chorume). Porém, o dado que o autor ressalta é a diferença na emissão de dioxinas e furanos, que “[...] são as piores substâncias para a saúde humana, tendo enorme custo ambiental e para a saúde”. Nota-se que os incineradores emitem tais

substâncias em uma proporção cinco vezes menor que aquelas emitidas pelos aterros com recuperação de energia, e 25 vezes menos do que os aterros com queima no *flare*. Além disso, transformando as emissões de GEE em carbono equivalente, os incineradores emitem 208 mil toneladas de CO₂, enquanto ambas as alternativas de aterro sanitário, acima referidas, emitem 465 mil toneladas de CO₂: ou seja, mais que o dobro!

A fim de comparar todos os danos causados pelos diferentes sistemas de tratamento, decorrentes dos “[...] inconvenientes para a sociedade [...]”, Bolognesi (2012, p. 29) fez uma comparação, em que utilizou “[...] a valoração, por meio do custo marginal de dano, que é o valor presente dos impactos, associados à emissão adicional de uma unidade de massa, de um determinado poluente; [sendo tal valoração] expressa em reais, por tonelada”. Por esse método, o autor encontrou os custos anuais (sem mencionar a unidade monetária) de: 17 milhões, para a usina de recuperação energética; 26 milhões, para o aterro com queima no *flare*; e 30 milhões, para o aterro com recuperação de energia.

Allsopp *et al.* (2001) apresentam em seu trabalho, “Incineração e Saúde Humana”, uma revisão da literatura relacionada à ocorrência de doenças, tanto em trabalhadores de incineradoras, quanto na população que vive na vizinhança dessas. Quanto aos estudos com relação à saúde do trabalhador, são relatados os seguintes resultados: níveis elevados de substâncias tóxicas, na avaliação dos biomarcadores de exposição; aumento na taxa de mortalidade, por câncer de pulmão, de esôfago e gástrico; entre outros impactos. Quanto aos estudos relacionados à saúde das populações vivendo na vizinhança de incineradores, os autores identificam: aumento na presença de tio éteres, na urina infantil; aumento na taxa de mortalidade, relacionada a cânceres de tecidos moles, de pulmão, de laringe, de fígado e câncer infantil; aumento na quantidade de doenças respiratórias; aumento nos nascimentos de crianças do sexo feminino; aumento em casos de anomalias congênitas, entre outros danos à saúde, assim como uma maior probabilidade de ocorrência de gravidez múltipla.

Já, a compostagem tem como benefícios: “(a) minimização de impactos ambientais; (b) minimização de rejeitos; (c) maximização da reciclagem” tanto de nutrientes da

fração orgânica compostável, quanto dos resíduos ‘secos’. Como benefícios indiretos: desvia os resíduos dos aterros sanitários, aumentando sua vida útil; reduz a poluição de corpos hídricos; e, sendo um processo aeróbico, diminui as emissões de metano, que ocorreriam no caso de disposição (INÁCIO; MILLER, 2009).

Inácio *et al.* (2009) demonstraram que a emissão de metano, um dos principais GEE, na compostagem, é de aproximadamente 10% do que seria emitido pela mesma massa, se ela fosse depositada em aterros sanitários. Salientam que a “compostagem apresentou uma emissão de 3.520 t CO_{2e}, em 10 anos, enquanto o aterro sanitário (sic) emitiu 28.527 t CO₂ [no mesmo período], e continuará emitindo metano por, pelo menos, 10 anos, chegando a 35.510 t CO_{2e}, em 20 anos”. Segundo os autores (INÁCIO *et al.*, 2009, p. 5):

A contribuição da compostagem de resíduos orgânicos para mitigação das emissões de metano em sistemas de tratamento e gerenciamento [de resíduos sólidos] é evidente.

Em princípio, a compostagem é uma tecnologia de baixo investimento e custo de manutenção, o que poderia refletir em um custo de abatimento por t CO_{2e} menor, quando comparado aos projetos de captura de metano em aterros ou biodigestores (dejetos).

A compostagem ainda gera um produto final para uso agrícola, de alta qualidade, e [que é] comercializável - o composto orgânico, que recicla nutrientes e carbono orgânico para os solos e é utilizado como substrato para mudas de hortaliças, frutíferas e espécies florestais.

Ainda analisando a relação da compostagem com as emissões de GEE, Lou e Nair (2009, p. 3796, tradução nossa) mencionam as seguintes vantagens:

1. Diminuir a necessidade de fertilizantes e pesticidas químicos; reduzindo, assim, as emissões de GEE, resultante do uso de combustível fóssil associado à sua produção e aplicação (COGGER, 2005³; FAVOINO, HOGG, 2008⁴).
2. [...] Permitir um crescimento mais rápido das plantas, aumentando, assim, a captação e armazenamento de C [carbono] dentro da planta. Estudos têm demonstrado o aumento de biomassa, no crescimento de plantas, com aplicação de composto (GONZALES; COOPERBAND, 2002⁵;

³ COGGER, T. C. Potential compost benefits for restoration of soils disturbed by urban development. In: **Compost Science and Utilization** 13 L, p. 243-251, 2005.

⁴ FAVOINO, E.; HOGG, D. The potential role of compost in reducing greenhouse gases. In: **Waste Management and Research** 26, p. 61-69. 2008.

⁵ GONZALES, R.F., COOPERBAND, L.R. Compost effects on soil physical properties and field nursery production. In: **Compost Science and Utilization** 10, p. 226-237. 2002.

LYNCH *et al.*, 2005⁶; WEI *et al.*, 2000⁷). Esta é uma forma de sequestro de C [carbono] que remove o CO₂ da atmosfera.

3. Sequestro de C [carbono], no solo que recebe aplicação de composto (FAVOINO; HOGG, 2008; MONDINI *et al.*, 2007⁸). A [United States Environmental Protection Agency] USEPA (2002)⁹ estimou aproximadamente 50 kg C (183 kg CO₂) sequestrados, por tonelada de composto úmido. Em larga escala, isso pode ser significativo.
4. Melhorar a lavoura e a trabalhabilidade do solo (reduzindo assim as emissões de combustíveis fósseis, que de outra forma seriam usados para as atividades associadas ao plantio (FAVOINO; HOGG, 2008).

3.4 LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

Apresenta-se, nesta seção, a legislação brasileira relacionada a resíduos sólidos. Inicialmente, deve ser referida a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010b), seguida dos Planos Nacional (PNRS) e Estadual do Rio Grande do Sul (PERS-RS), ambos construídos com base no Capítulo II, da Lei mencionada anteriormente. A seção é, então, finalizada, com a apresentação da Lei nº 10.501, instituída em Florianópolis (2019), com a intenção de desviar os resíduos orgânicos compostáveis, que seriam destinados ao aterro sanitário que atende a cidade.

3.4.1 Lei nº 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos

No Brasil, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010b), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta Lei (BRASIL, 2010b, 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

⁶ LYNCH, D. H.; VORONEY, R. P.; WARMAN, P. R. Soil physical properties and organic matter fractions under forages receiving compost, manure or fertilizer. In: **Compost Science Utilization** **13**, p. 252-261. 2005.

⁷ WEI, Y. S.; FAN, Y. B.; WANG, M. J.; WANG, J. S. Composting and compost application in China. In: **Resources, Conservation and Recycling** **30**, p. 277-300. 2000.

⁸ MONDINI, C.; CAYUELA, M. L.; SINICCO, T.; CORDOARO, F.; ROIG, A.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A. Greenhouse gas emissions and carbon sink capacity of amended soils evaluated under laboratory conditions. In: **Soil Biology and Biochemistry** **39**, p. 1366-1374. 2007.

⁹ UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life Cycle Assessment of Emissions and Sinks**. 2002.

vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Apresenta-se, neste trabalho, alguns de seus tópicos, focando, principalmente, nas medidas relacionadas aos resíduos sólidos urbanos. Vale aqui registrar, como já mencionado, quais sejam os resíduos classificados como RSU, principal objeto dessa dissertação, e que incluem: resíduos domiciliares, provenientes de atividades domésticas, em residências urbanas; e os de limpeza urbana, advindos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, assim como de outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010b).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos propõe que a **hierarquização**, na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, ocorra na seguinte ordem: não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento; e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. É permitida a utilização de tecnologias de recuperação energética, desde que comprovada a sua viabilidade técnica e ambiental, e que sejam monitoradas suas emissões (BRASIL, 2010b).

Entre os **instrumentos** de aplicação da Lei, são apresentados os Planos de Resíduos Sólidos, dentre os quais, além do PNRS, estão incluídos os planos: estaduais; microrregionais; de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; intermunicipais; municipais de gestão integrada; e de gerenciamento. Estes incluem os tratamentos de resíduos de saneamento, industriais, da saúde e de mineração. Cada um deles tem seus conteúdos mínimos expressos na Lei. Com exceção do PNRS, todos eles constituem requisitos a serem atendidos, para que haja acesso a recursos da União (BRASIL, 2010b).

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010b, Capítulo III, art. 26 e 28) também identifica as “[...] responsabilidades dos geradores e do poder público [...]”, explicitando o que cada parte tem, em termos de deveres, quanto aos resíduos sólidos. Define, então, que “o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços”. Deixa claro que o gerador de resíduos sólidos domiciliares deixa de ter responsabilidade

sobre os RS, uma vez que tenha realizado a “[...]disponibilização adequada para a [sua] coleta ou [...] [sua] devolução”.

Esta Lei institui o princípio legal da responsabilidade compartilhada, pelo ciclo de vida dos produtos, que abrange “[...] fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.” Ela tem vários objetivos, que buscam introduzir **estratégias sustentáveis na produção de mercadorias e serviços**, como, por exemplo, a diminuição de desperdícios e o aumento do consumo de matérias primas menos agressivas ao ambiente, ou reutilizadas e recicladas, promovendo o aproveitamento de resíduos sólidos, entre outras. Ela também atribui responsabilidades aos “[...] fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes [...]”, ao longo do ciclo de vida dos produtos, tanto na sua produção, quanto no seu tratamento, bem como na sua disposição. Adicionalmente, existem estratégias no tocante a embalagens e ao estabelecimento do instrumento legal da logística reversa (BRASIL, 2010b, art. 30 e 31). Campani (2016, p. 16, grifo nosso) comenta ser:

Importante salientar que essa Lei amplia a sua visão, indo além da base metodológica, de tratar apenas do resíduo/rejeito, mas, sim, do produto. Ela tem em sua concepção a ideia de que: todo o resíduo/rejeito, um dia, foi um produto; e que todo o produto, um dia, deverá ser transformado em resíduo/rejeito. Portanto, **a gestão dos rejeitos não começa quando o resíduo é gerado, mas, sim, quando o produto é pensado/projetado; ou seja, desde a sua concepção, devendo então a gestão ser entendida desde esta etapa.** A PNRS também traz o princípio do compartilhamento. Um produto passa por diversas mãos (produtor, comércio atacado e varejista, comércio local e consumidor), antes de se transformar em resíduo/rejeito. De acordo com esse princípio, todos estes são responsáveis pela sua gestão, cada um com responsabilidade sobre a etapa que lhe compete. Ademais, cabe ao setor industrial, com o apoio do comércio, a competência pelo fechamento do ciclo de vida, garantindo o retorno ao processo produtivo daqueles materiais que podem ser [reciclados] (os resíduos), ou dar [a eles] a destinação final, ambientalmente adequada, para o que não tiver como ser reintroduzido no processo produtivo, ou seja, para os rejeitos.

Quanto à **responsabilidade dos consumidores**, sempre que houver um sistema de coleta seletiva municipal, eles devem se responsabilizar por **condicionar, de forma diferenciada, os resíduos sólidos gerados, dispondo, adequadamente, os reutilizáveis e recicláveis**. O poder público municipal tem a responsabilidade de implementar a coleta seletiva e pode criar incentivos econômicos aos consumidores que fizerem a seleção na fonte (BRASIL, 2010b).

Quanto aos **deveres do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos**, tem-se (BRASIL, 2010b, art. 36, inciso I):

[...] adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis [...]; estabelecer sistema de coleta seletiva; articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis [...]; implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos; articular, com os agentes econômicos e sociais, formas de utilização do composto produzido; dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos [...].

Esta Lei ainda propõe que o poder público pode “[...] instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente [...]”, iniciativas que incentivem a implantação da hierarquia entre resíduos, como: a “[...] implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos para cooperativas; ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, formadas por pessoas físicas de baixa renda [...]”. Além disso, os entes federativos, da União aos Municípios, podem criar normas “[...] com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios [...]” às indústrias e entidades relacionadas ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos; projetos relacionados à responsabilização pelo ciclo de vida dos produtos “[...] prioritariamente em parceria com cooperativas e outras formas de associação de catadores [...]” e empresas dedicadas à limpeza urbana e atividades relacionadas a ela (BRASIL, 2010b, art. 42 e 44).

Outro aspecto importante, também definido pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010b, art. 3º), é a **obrigação da disposição ambientalmente adequada**, ou seja, “[...] distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança; e a minimizar os impactos ambientais adversos” **dos rejeitos**, em até quatro anos, após a publicação da Lei. Desta forma, estabelece que apenas os rejeitos sejam depositados em aterros sanitários. Isto equivale a dizer que os resíduos que sejam passíveis “[...] de tratamento e recuperação, por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis [...]” não poderão ser destinados a aterros sanitários, devendo seguir a ordem de priorização de tratamento que seja a mais adequada, dentro de tal hierarquia, de modo a otimizar o seu gerenciamento.

3.4.2 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2012) foi desenvolvido para atender à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Cabe mencionar que o PNRS não tem força de lei, já que está em sua versão preliminar (desde 2012), ainda não tendo sido publicada por Decreto (BRASIL, 2019). Nele consta (BRASIL, 2012, Capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7):

- a) diagnóstico da situação atual;
- b) projeção de cenários;
- c) comentários sobre educação ambiental;
- d) diretrizes e estratégias para seu atendimento;
- e) metas;
- f) programas e ações relativas a resíduos sólidos;
- g) “[...] participação e controle social e sua implementação”.

Quanto às **diretrizes para os RSU**, elas são divididas em seções. A seção inicial é relacionada à **disposição ambientalmente adequada de rejeitos**. A primeira diretriz é a de “[...] eliminar os lixões e aterros controlados, e promover a Disposição Final Ambientalmente Adequada”. A segunda diretriz, diretamente relacionada à primeira, versa sobre a recuperação dos lixões e aterros controlados encerrados. A diretriz seguinte sugere a criação de um índice nacional de avaliação da qualidade dos aterros sanitários (IQAS). A quarta e última diretriz dessa seção se relaciona ao desenvolvimento de tecnologias que contribuam para reduzir a disposição final de rejeitos em aterros sanitários (BRASIL, 2012, p. 66-67).

A segunda seção, relaciona-se à **redução da geração de RSU**. A primeira e única diretriz é a de redução da geração de RSU, *per capita*, para os níveis de 2008 (1,1 kg/ (hab. dia)). As estratégias ligadas à essa diretriz dizem respeito aos resíduos gerados, em todas as fases de sua produção, do berço ao túmulo. As estratégias envolvem todos os atores envolvidos na gestão de resíduos: a população, em geral; as indústrias; e o poder público (BRASIL, 2012).

A terceira seção é referente à “[...] **redução dos RSU secos dispostos em aterros sanitários e à inclusão de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis [...]**”.

A primeira diretriz é relacionada à promoção da redução progressiva da destinação de tais resíduos aos aterros sanitários, por meio da implantação de sistemas de segregação de inertes (“papel, vidro, plásticos, tecidos, metais, pedras, etc.”), entre outras estratégias (BRASIL, 2012, p. 69). A segunda diretriz trata da:

Qualificação e fortalecimento da organização para a inclusão socioeconômica de, no mínimo, 600.000 catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, organizados em cooperativas e outras formas associativas, por meio da criação de linhas de financiamento, incluindo a construção e difusão de conhecimento entre seus membros, com apoio de outros programas sociais para os seus familiares. (BRASIL, 2012, p. 69-70)

Essa diretriz envolve 22 estratégias, que vão, desde a implantação da coleta seletiva, passando pelo estabelecimento da logística reversa, até a criação de incentivos fiscais, financeiros e creditícios, relacionados à separação na fonte e à melhoria dos centros de triagem. Também incluem a promoção da criação de novas cooperativas e associações de catadores, assim como o estímulo à sua atuação em rede. Entre outras proposições, incluem-se algumas de estímulo à capacitação de catadores e de suas organizações (BRASIL, 2012).

A quarta e última seção relacionada aos RSU diz respeito à **redução da disposição dos resíduos úmidos nos aterros sanitários, e tratamento e recuperação de gases em aterros**. Há uma única diretriz (BRASIL, 2012, p. 72):

Induzir a compostagem, o aproveitamento energético do biogás gerado, ou em biodigestores ou em aterros sanitários, e o desenvolvimento de outras tecnologias visando à geração de energia, a partir da parcela úmida de RSU coletados, com a elaboração de estudos prévios de avaliação técnico-econômica e ambiental, observada, primeiramente, a ordem de prioridade estabelecida no caput do artigo 9º, da Lei 12.305/2010, e, para a produção de composto orgânico com fins agricultáveis, a aprovação pelos órgãos competentes.

Por se tratar de assunto relacionado diretamente à essa dissertação, a compostagem, são analisadas, com maior profundidade, algumas estratégias desta quarta seção.

A primeira estratégia está relacionada à implementação de uma separação mais adequada, em sua fonte, dos resíduos “[...] domiciliares e comerciais, feiras, CEASAS [Centrais de Abastecimento], grandes geradores e outros”, para a obtenção de uma fração orgânica de melhor qualidade e, por conseguinte, um produto

compostado (composto) de melhor qualidade. **A segunda estratégia diz respeito a um melhor aproveitamento dos resíduos gerados na capina e poda de árvores, de modo a poderem ser direcionados para o processo de compostagem. A terceira estratégia é “[...] disponibilizar recursos financeiros e incentivos fiscais, especificamente voltados para a implantação de novas unidades de compostagem e [para] a biodigestão ou [para a] modernização/ampliação das [unidades] existentes” (BRASIL, 2012, p. 72).**

Já, a **estratégia 6, é relacionada às atividades de educação ambiental, para todos os envolvidos na gestão dos resíduos, do consumidor ao gestor, no sentido de mostrar a importância da separação na fonte, e, em adição, de estimular as práticas de compostagem domiciliar e do emprego de seus produtos. A estratégia 10, refere-se ao fomento da comercialização do composto gerado na compostagem, por parte dos entes federativos, em conjunto com o setor produtivo e o mercado (BRASIL, 2012).**

A estratégia 11 propõe o mapeamento e a promoção de facilidades para a obtenção de dados relativos ao aproveitamento dos produtos gerados pelas usinas de compostagem. As estratégias 12 e 13 estão relacionadas ao incentivo, tanto à compostagem doméstica, como daquelas que possam ser efetivadas por parte dos grandes geradores (“[...] supermercados, atacadistas, CEASAS, condomínios, órgãos governamentais, eventos e comerciantes [...]). A estratégia 14 estimula a promoção de ações de educação ambiental relacionadas à compostagem, que incentivem a separação na fonte e a prática da compostagem domiciliar. A estratégia 15, última relacionada à compostagem, sugere “[...] disponibilizar recursos para a capacitação da sociedade, para a diminuição da geração de resíduos orgânicos; para a prática da compostagem; e, também, para a geração de renda, por meio da comercialização do composto” (BRASIL, 2012, p. 73).

No Quadro 2, são apresentadas apenas as metas relacionadas aos RSU. O capítulo seguinte, do PNRS, é relacionado às metas.

Quadro 2 – Metas do PNRS, relacionadas aos RSU

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Áreas de lixões reabilitadas (queima pontual; captação de gases para geração de energia, mediante estudo de viabilidade técnica e econômica; coleta do chorume; drenagem pluvial; compactação da massa; e cobertura com solo e cobertura vegetal) (%)	Brasil	5	20	45	65	90
	Região Sul	10	20	50	75	100
Redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional, em 2013 (%)	Brasil	22	28	34	40	45
	Região Sul	43	50	53	58	60
Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional realizada em 2013 (%)	Brasil	19	28	38	46	53
	Região Sul	30	40	50	55	60
Recuperação de gases de aterro sanitário – Potencial de 300 MW (MW)	Brasil	50	100	150	200	250
Inclusão e fortalecimento da organização de 600.000 catadores (catadores)	Brasil	280.000	390.000	440.000	500.000	600.000
	Região Sul	68.602	95.550	107.800	122.500	147.000
Planos estaduais elaborados até 2013 (%)	Brasil	100				
	Região Sul	100				
Municípios com planos intermunicipais, microrregionais ou municipais elaborados até 2014 (%)	Brasil	100				
	Região Sul	100				
Municípios com cobrança por serviços de RSU, sem vinculação com o IPTU (%)	Brasil - atual 11	35	48	55	68	75
	Região Sul - atual 15	48	65	75	85	95

(fonte: BRASIL, 2012)

3.4.3 Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Sul

Nessa seção, são apresentadas, sucintamente, as diretrizes do PERS-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2014). São apresentadas, também, as estratégias, metas e recursos financeiros alocados para o tratamento de resíduos de fácil biodegradação, que estão entre os objetos específicos de estudo deste trabalho.

São cinco as diretrizes (RIO GRANDE DO SUL, 2014, p. 399-401):

- 1 – promover a Educação Ambiental e a participação social, visando à proteção da saúde pública e da qualidade ambiental [...];
- 2 – qualificar o planejamento e a gestão integrada dos resíduos sólidos [...];
- 3 – garantir o manejo integrado de resíduos sólidos, atendendo ao objetivo da PNRS de: “não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento dos resíduos sólidos; e disposição final, ambientalmente adequada, dos rejeitos”, e a recuperação de passivos ambientais [...];
- 4 – promover a inclusão socioeconômica de catadores de materiais recicláveis [...];
- 5 – fomentar a responsabilidade compartilhada e a logística reversa de produtos pós-consumo [...].

Apesar de não haver menção direta à conscientização relacionada à potencial utilização dos resíduos compostáveis e da possibilidade de sua reciclagem, a **diretriz 1** também está relacionada à separação e valorização da fração orgânica dos RSU. Deste modo, via educação ambiental, haverá a possibilidade de aprendizagem, por parte da população, a respeito de processos ambientalmente corretos, entre os quais estão a separação da fração orgânica compostável, e a própria compostagem.

Na **diretriz 3**, relacionada ao manejo integrado dos resíduos sólidos e à hierarquia entre resíduos, há uma estratégia que propõe “[...] **assegurar a redução dos resíduos úmidos (orgânicos) enviados para disposição final em aterros**”. Já, na **diretriz 4**, relacionada à inclusão socioeconômica de catadores de materiais recicláveis, são apresentadas duas estratégias, que vão ao encontro dos objetivos da presente pesquisa. A primeira é “[...] **priorizar a contratação de cooperativas/associações de catadores de materiais recicláveis, para a prestação de serviços de tratamento da fração orgânica de RSU.**” E, a segunda, relacionada à primeira, que trata de “[...] **fomentar a organização de catadores informais e formalização de cooperativas e associações**” (RIO GRANDE DO SUL, 2014, p. 401). Pode-se inferir que a utilização da compostagem, como método de tratamento para resíduos compostáveis, é um dos caminhos a serem trilhados para atingir tais estratégias e diretrizes.

O PERS-RS estabeleceu 46 metas, a serem alcançadas em diferentes prazos. Aqui são apresentadas as metas mais significativas, em face aos objetivos da presente pesquisa.

A **meta 14, relacionada à redução da disposição de resíduos úmidos em aterros**, segue os prazos traçados no Quadro 2, baseado no PNRS, **buscando atingir, em termos de prazos, as seguintes metas, no que concerne à redução, em termos de massa, para os resíduos dispostos em aterros: 30%, em 2015; 40%, em 2019; 50%, em 2023; 55%, em 2027; e 60%, em 2034.** As ações propostas para o atingimento de tais metas são apresentadas no Quadro 3. Cabe ressaltar que, em contraposição à proposta de só incluir aos **maiores geradores**, a promoção da segregação dos resíduos compostáveis poderia se constituir em uma meta a ser buscada **junto a todos os atores** que contribuem para a geração de RSU, incluindo a população em geral, que também é responsável por uma parcela significativa dos resíduos úmidos dispostos em aterros. Quanto aos estudos de viabilidade técnica e econômica “[...] para a implantação de unidades regionais de tratamento da fração orgânica [...]”, que se pretendia fossem concluídos até 2019, estes não foram implantados, prejudicando o passo seguinte, que seria a sua efetiva implementação. As informações relacionadas ao Plano, que deveriam constar em site específico, não têm atualizações, desde setembro de 2015. Logo, não há como se constatar quais ações estão sendo efetivamente tomadas.

Quadro 3 – Ações propostas para atingir a **meta 14**, do PERS

Ações	Responsável	Prazo
Promover, por meio de medidas indutoras e linhas de financiamento, melhorias na segregação da fração orgânica (resíduos comerciais, feiras, CEASAs, grandes geradores e outros)	Estado	Ação contínua
Elaborar inventário Estadual das unidades de tratamento da fração orgânica dos resíduos	Estado	Imediato
Elaborar estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira, para implantação de unidades regionais de tratamento da fração orgânica	Região e estado	Curto
Promover a implantação de unidades regionais de tratamento da fração orgânica, por meio de medidas indutoras e linhas de financiamento	Região e estado	Ação contínua
Incentivar a compostagem domiciliar da fração orgânica, prioritariamente nos municípios de pequeno porte e zonas rurais	Município, região e estado	Ação contínua

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, 2014)

Por sua vez, a **meta 43, relacionada à “[...] inclusão e fortalecimento de organizações de catadores de materiais recicláveis [...]”**, que visa atingir 57.400 catadores, no longo prazo, propõe algumas ações que poderão contribuir para o

estabelecimento de cooperativas, cujas ações sejam relacionadas à reciclagem de resíduos compostáveis. Algumas das ações propostas são apresentadas no Quadro 4 (RIO GRANDE DO SUL, 2014, p. 429).

Quadro 4 – Algumas das ações propostas para atingir a **meta 43**, do PERS

Ações	Responsável	Prazo
Promover e apoiar, com o emprego de medidas indutoras e linhas de financiamento, a formalização e regularização de cooperativas de catadores de materiais recicláveis e outras formas associativas existentes no Estado	Estado	Ação contínua
Promover a manutenção e sustentabilidade técnica e econômica de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, por meio de capacitação, assistência técnica e social continuada	Estado	Ação contínua
Promover a manutenção e sustentabilidade técnica e econômica de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, via capacitação de gestores, preparando-os para elaboração de projetos, aquisição de financiamentos, etc.;	Estado	Ação contínua
Promover a inclusão socioeconômica, por meio da contratação prioritária de cooperativas de catadores de materiais recicláveis e outras formas associativas, para execução do serviço de tratamento de resíduos orgânicos, prioritariamente em zonas rurais ou municípios de pequeno porte;	Município, região e estado	Ação contínua
Apoiar, com o emprego de medidas indutoras e linhas de financiamento, a aquisição dos equipamentos necessários para operação das unidades de triagem e tratamento de resíduos orgânicos;	Estado	Ação contínua

(fonte: RIO GRANDE DO SUL, 2014)

3.4.4 Reciclagem de resíduos sólidos orgânicos, na cidade Florianópolis

Na cidade de Florianópolis (2019), foi instituída a Lei 10.501, que estabelece a “[...] obrigatoriedade da destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos orgânicos, por meio dos processos de reciclagem e compostagem [...]”. Tal obrigatoriedade está em consonância com a Lei 12.305 (BRASIL, 2010b) e propõe um aumento anual gradual na reorientação dos resíduos orgânicos sendo destinados para aterro, a partir de **5 de junho de 2020. A intenção é passar da situação atual, onde apenas 25% dos resíduos são desviados, para uma situação, a ser alcançada em 5 de junho de 2030, com 100% dos resíduos sendo desviados.** A Lei ainda possibilita ao Poder Executivo “[...] destinar áreas de sua propriedade para a realização de compostagem [...]”, priorizando “[...] iniciativas comunitárias, coletivas ou de cooperativas de catadores [...]”, de modo a possibilitar aos

órgãos municipais, o acompanhamento, assessoramento e viabilização, para o adequado gerenciamento das atividades (FLORIANÓPOLIS, 2019, art. 5).

A Lei apresenta, ainda, algumas diretrizes adicionais, nas quais se destacam os seguintes pontos: o tratamento dos resíduos deverá contemplar, inicialmente, aos resíduos sobre os quais o Poder Público tem maior controle; ou seja, resíduos de poda, varrição e jardinagem. Posteriormente, serão contemplados os resíduos concentrados - aqueles originários dos grandes geradores. Ao final, serão consideradas as situações mais descentralizadas e, portanto, mais difíceis de serem administradas, tais como: a gestão de resíduos domiciliares; o estímulo às iniciativas comunitárias e cooperativas; a adoção de estratégias descentralizadas, no gerenciamento dos resíduos; e a viabilização do sistema de coleta da fração orgânica (FLORIANÓPOLIS, 2019).

3.5 DIAGNÓSTICO DA ATUAL SITUAÇÃO NO BRASIL

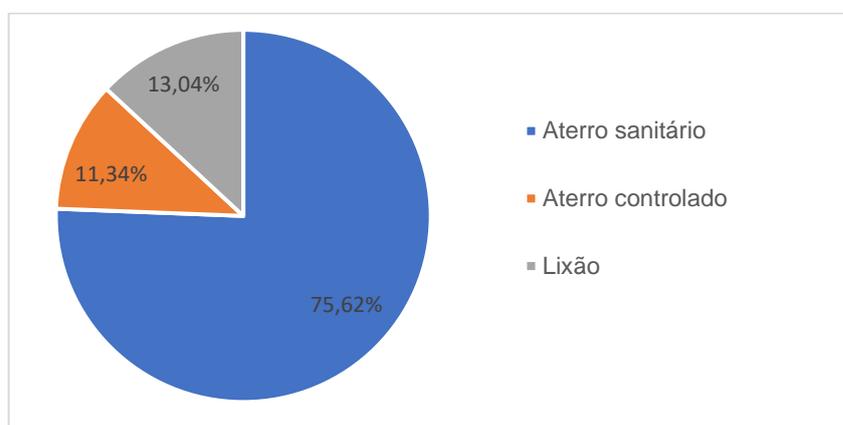
No diagnóstico do PNRS (BRASIL, 2012) é apresentada uma estimativa da composição gravimétrica dos RSU: 31,90%, são materiais recicláveis; 51,40%, matéria orgânica; e 16,70%, “outros” – ou seja, rejeitos. Tendo como base esses valores e o PNRS (BRASIL, 2012) são os seguintes os desafios: a nível de Brasil, até o ano de 2031, depositar 41,59% (14,35%, sendo reciclável, e 27,24%, matéria orgânica compostável) menos do que o total que, em 2012 era enviado, em termos de RSU, para aterros sanitários; para a região Sul do País, a meta é que, no mesmo prazo, o volume a deixar de ser disposto em aterros de resíduos sólidos secos, represente 19,14% dos resíduos sólidos totais, e que o volume de resíduos sólidos úmidos represente 30,84% dos resíduos sólidos totais, levando a uma diminuição de 49,98%, em relação ao que originalmente estava sendo gerado (BRASIL, 2012).

O diagnóstico dos resíduos sólidos de 2018 (BRASIL, 2018a), produzido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em sua 17ª edição, cobre 3.468 municípios, representando 62,30% dos municípios do País, e 81,50% da sua população. Os dados ali constantes mostram que 92,10% da população desses municípios é servida por coleta domiciliar e, estima-se que, se a estes forem

adicionados os municípios não cobertos, 92,06% da população brasileira seja hoje atendida.

A massa média de resíduos coletada, *per capita*, é de 0,95 kg/(hab.dia). O mesmo documento (BRASIL, 2018a), ainda informa que o total coletado de RSU, no Brasil, é de 62,78 Mt, por ano. Estima-se que estes sejam assim distribuídos, em termos de disposição: aterros sanitários (46,68 Mt); aterros controlados (7,00 Mt); e lixões (8,05 Mt) (Figura 4). Segundo o mesmo documento, do total coletado, apenas 123.762 t são destinadas a unidades de compostagem: isto representa, em relação ao total que recebe alguma destinação, uma fração de apenas 0,2%.

Figura 4 – Disposição final dos RSU no Brasil (porcentagem da massa)



(fonte: BRASIL, 2018a)

A coleta seletiva, independentemente de sua destinação, ocorre em 38,10% dos municípios brasileiros. Já, a coleta seletiva, porta a porta, ocorre em 32,70% dos municípios, servindo a 37,80% da população urbana. O diagnóstico ainda informa que apenas 2,20% (923.286 t), em massa, do que é coletado, é recuperado como reciclável. Os municípios que discriminam os materiais recuperados (1031 municípios), em termos de massa, informam que: 42,00%, é de papel e papelão; 22,60%, de plásticos; 13,10%, de metais; 12,20%, de vidros; e 10,10%, de outros materiais (BRASIL, 2018a).

Os custos de coleta de resíduos sólidos, em 2017, por tonelada, variaram entre R\$ 30,00 (sendo esse um valor mínimo, de corte, adotado no relatório) e R\$ 531,05, sendo que o custo médio foi calculado como sendo R\$ 162,93/ton (BRASIL, 2017c).

3.6 SUSTENTABILIDADE

Quando avaliamos aspectos relacionados à sustentabilidade, é possível dividir o tema em dois âmbitos, não necessariamente excludentes entre si: políticas relacionadas ao tema, e uma discussão de caráter mais prático, voltada à aplicação dos preceitos do desenvolvimento sustentável, os quais, a seguir, serão abordados.

3.6.1 Política Internacional relacionada à sustentabilidade

Nascimento (2012, p. 52) faz uma breve retrospectiva sobre sustentabilidade, em termos políticos globais. No entender do autor “[...] a ideia de sustentabilidade ganha corpo e expressão política na adjetivação do termo desenvolvimento, fruto da percepção de uma crise ambiental global [...]”. O autor identifica o início da preocupação ambiental, em termos mundiais, à década de 1950, quando a poluição nuclear, decorrente dos testes atômicos, começa a ser identificada como um problema não restrito a locais pontuais ou limitados, mas transfronteiriços. Outro fato importante, relacionado ao início das discussões acerca da sustentabilidade, apresentado por este autor, relaciona-se ao “[...] uso de pesticidas e inseticidas químicos, denunciado pela bióloga Rachel Carson [...]”, autora do livro **Primavera Silenciosa**, de 1962. Castro e Araújo (2004) e ONU (2020) corroboram que esta publicação é um “livro seminal”, no que concerne à sustentabilidade, e que dá início a essa discussão mais ampla.

Os debates, a nível global, relacionados à crise ambiental, iniciaram a partir da ocorrência de chuvas ácidas sobre os países nórdicos, o que levou a Suécia, em 1968 (NASCIMENTO, 2012, p. 53):

[...] a propor ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc) a realização de uma conferência mundial, que possibilitasse um acordo internacional para reduzir a emissão de gases responsáveis pelas chuvas ácidas.

Foi, então, proposta a Conferência de Estocolmo, ou Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, ocorrida em 1972. Em sua preparação, deu-se início a uma discussão entre países desenvolvidos “[...] preocupados com a crescente degradação ambiental que ameaçava sua qualidade de vida [...]”, e os não desenvolvidos, que, por sua vez, estavam “[...] preocupados em não sofrerem

restrições à exportação de seus produtos primários, de modo a não terem seu desenvolvimento obstruído [...]” (NASCIMENTO, 2012, p. 53). Essa dicotomia fez com que a ONU requisitasse a análise do tema por uma comissão técnica, que produziu um documento com o título **Apenas um Mundo** (WARD; DUBOS, 1973 *apud* NASCIMENTO, 2012, p. 53), que tentava contemplar a ambas as visões: “[...] o problema ambiental, como decorrente de externalidades econômicas próprias do excesso de desenvolvimento (tecnologia agressiva e consumo excessivo), de um lado, e de sua falta (crescimento demográfico e baixo PIB *per capita*), de outro [...]”. A partir desse momento, soma-se à discussão, antes restrita apenas a meio ambiente e economia, um terceiro pilar: o social. Sobre a Conferência, realizada em Estocolmo, em 1972, Nascimento (2012, p. 53) registra:

[...] se realiza em meio ao impacto provocado pelo relatório do Clube de Roma – *Limits to Growth* (MEADOWS *et al.*, 1972), que propunha a desaceleração do desenvolvimento industrial nos países desenvolvidos, e do crescimento populacional, nos países subdesenvolvidos. Também previa uma ajuda dos primeiros para que os segundos pudessem se desenvolver.

Para Gurski *et al.* (2012, p. 70), a Conferência de Estocolmo teve como resultado “[...] o reconhecimento do problema ambiental e a necessidade de agir [...]”. Nela foi criada a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que teve como objetivo “[...] descrever as responsabilidades e nortear as políticas futuras relativas ao meio ambiente, apoiadas no Plano de Ação para o Meio Ambiente, composto por 109 recomendações, além de ser considerada um marco jurídico mundial [...]”, quando o direito ambiental passa a ser reconhecido no âmbito jurídico. Segundo (GURSKI *et al.*, 2012, p. 70):

Foi ainda votada a Resolução sobre aspectos financeiros e organizacionais, no âmbito da ONU, bem como a instituição de um organismo institucional especialmente dedicado a coordenar as atividades da ONU, no âmbito do meio ambiente, chamado Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Pnuma), o qual assumiria um papel como catalisador, para zelar pela implementação do programa de ação.

De acordo com Le Prestre (2005 *apud* GURSKI *et al.*, 2012, p. 70), a partir da Conferência, ocorreram diversas mudanças no modo de abordagem, quanto ao meio ambiente, incluindo:

O desenvolvimento de atitudes novas: os Estados reconheceram a existência de um problema e a necessidade de agir;

Ao ampliar o conceito de meio ambiente – definido como precedente simultâneo da industrialização e da pobreza, a Conferência de Estocolmo desempenhou um papel decisivo na sensibilização dos PEDs (países em desenvolvimento) para suas responsabilidades na questão;

A aprovação da “Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente”, agrupando 26 princípios, que orientarão a comunidade internacional na fundamentação de suas ações futuras neste âmbito. [...];

A adoção de um “plano de ação” de 109 recomendações, agrupadas em torno de três tipos de atividade: a avaliação do meio ambiente – pesquisa, vigilância, informação e avaliação, o que constitui o “Plano de Vigilância”, coordenado pelo Pnuma; a gestão do meio ambiente – definição e planificação de objetivos e acordos internacionais; e medidas de apoio às atividades econômicas – formação, organização, informação do público, financiamento, cooperação técnica;

A criação de um fundo voluntário, para financiar os programas e a pesquisa.

Uma avaliação da Conferência de Estocolmo, realizada dez anos após, por parte da ONU, mostrou pouco avanço em relação ao tema e, por isso, foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que gerou o relatório **Nosso Futuro Comum** (LE PRESTE, 2000 *apud* NASCIMENTO, 2012), também conhecido como **Relatório Brundtland** (ONU, 1987). Esse Relatório, “[...] tinha como missão propor uma agenda global para a mudança [...]” (NASCIMENTO, 2012, p. 54). O Relatório, também, definiu o termo “desenvolvimento sustentável”, como: “[...] o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades” (ONU, 1987). Segundo Jacobi (1999, p. 177), “[...] o Relatório Brundtland apresenta uma lista de ações a serem tomadas pelos Estados e, também, define metas a serem realizadas no nível internacional, tendo como agentes as diversas instituições multilaterais”.

Como seguimento da discussão internacional sobre desenvolvimento sustentável, Nascimento (2012) menciona a ocorrência da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como Rio 92, ou Cúpula da Terra (ONU, 2020). Viola e Franchini (2012, p. 8) consideram que:

Construído sobre um acumulado de duas décadas, a Rio 92 foi o ponto mais alto de gestão cooperativa dos recursos ambientais comuns, não apenas porque gerou cinco instrumentos normativos relevantes (as Convenções de Mudança do Clima, de Biodiversidade, e de Desertificação, a Declaração do

Rio, e a Agenda 21), mas porque foi rodeada por um clima de otimismo em relação à evolução da governança global, nascido da desativação do conflito bipolar e expresso na ampla coalizão global que enfrentou o regime iraquiano, após a invasão ao Kuwait. O valor da Rio 92 é alto, ainda que os instrumentos por ela criados não tenham refletido, de forma suficiente, o consenso científico da época, e tivessem poucos efeitos práticos nos anos sucessivos.

Castro e Araújo (2004, p. 563) mencionam a ocorrência da Conferência Rio+10 – ou Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em 2002, em Joanesburgo (África do Sul), como conduzindo a resultados frustrantes, com relação às expectativas de “[...] definir meios, metas e prazos para [a] implantação dos planos de sustentabilidade estabelecidos na Rio 92”. As mesmas autoras ainda consideram positiva a não ocorrência de “[...] retrocessos quanto aos compromissos firmados em 1992”. Guimarães e Fontoura (2012, p. 25) compartilham de opinião semelhante, ao referir que “se é correto afirmar que muito pouco se avançou, é correto também constatar que nenhuma das “decisões” acordadas em Johannesburgo requeriam a sua realização”. Viola e Franchini (2012, p. 9) são mais duros, ao considerar que “[...] representou um fracasso profundo da governança cooperativa dos temas ambientais, já que não existiu um avanço significativo dos objetivos definidos 10 anos antes, no Rio” e ao afirmarem que “[...] a cúpula sul-africana inaugurou, neste campo, a tradição de maquiar encontros multilaterais inúteis, com a ficção de progresso”.

Viola e Franchini (2012, p. 9) ainda sugerem que há uma espetacularização otimista, nos meses prévios às reuniões, pouco baseadas na realidade, mencionando que:

Essa indústria de conferências é profundamente negativa, porque, além de não contribuir para a solução dos problemas, cria a ficção de que sua ineficácia é apenas transitória e não estrutural, obstaculizando o surgimento de outras instâncias de governança mais adequadas.

Quanto à Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável ou RIO+20, ocorrida em 2012, Viola e Franchini (2012, p. 9) mencionam que “[...] acabou honrando, de forma amplificadora, a nociva tradição de cúpulas estereis camufladas de avanço”, pois:

A atuação da Conferência na área ambiental, climática e de desenvolvimento foi diluída em uma agenda por demais abrangente e difusa e, por vários motivos, acabou representando um retrocesso ainda maior que Johannesburgo, com respeito à Rio 92.

Guimarães e Fontoura (2012, p. 27) mencionam que “o ‘resultado’ mais importante da Rio+20, o chamado ‘Zero Draft’ da declaração política ‘O Futuro que Queremos’, enfrentou tantas dificuldades que terminou desprovido de conteúdo”. Os mesmos autores ainda sugerem (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012, p. 28):

Em poucas palavras, tendo em vista tão somente os preparativos e os resultados da Rio+20, qualquer observador é forçado a questionar se os governos estão hoje muito mais preocupados com a manutenção da saúde do sistema financeiro privado internacional, a preservação à qualquer custo de suas economias, e, portanto, não estiveram e não estão dispostos a negociar seus padrões de consumo para melhorar a qualidade de vida da grande maioria da população mundial, em situação de pobreza, desemprego, com disparidades crescentes de riqueza, de bens e de acesso aos recursos naturais, e em situações de contínua discriminação e exclusão política.

Guimarães e Fontoura (2012, p. 28) ainda mencionam que o único resultado real da cúpula foi o estabelecimento da construção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que deveriam expandir os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM): “Cabe aos ODS estabelecer indicadores que visem auxiliar aos governos [n]a implementação dos compromissos firmados na Agenda 21, no Plano Johannesburgo de Implementação e na Rio+20”.

Os ODS foram então definidos, “[...] como parte de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável”, que tem seu horizonte de planejamento para 2030, nomeada como Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2020). Porém, os ODS são, segundo Easterly (2015, p. 322, tradução nossa), apenas a recolocação de “[...] ações que [...] [deixaram de] acontecer, depois de serem recomendadas em várias conferências anteriores da ONU”. Tal percepção é corroborada e complementada por Gil (2018, p. 110, tradução nossa), que informa que os ODS foram construídos, sem que houvesse a realização de uma “[...] avaliação exaustiva e minuciosa do cumprimento político e técnico desses acordos [ODM], faltando, portanto, evidências científicas precisas que nos permitam reorientar adequadamente as políticas mundiais de desenvolvimento”.

Easterly (2015, p. 323, tradução nossa) sugere questionar quem são os atores, para a efetivação dos ODS, e como os motivar a agir em prol desses objetivos traçados, e é nesse ponto que a crítica por parte do autor se acentua, pois, claramente, quem construiu a agenda são os atores que deveriam aplicá-la: “[...] os chefes de estado e

os governos, de todos os 193 membros da ONU”. Por esse motivo, afirma que, durante a construção, claramente, foram utilizados termos vagos e utópicos, para que houvesse consenso, suavizando a necessidade de aplicação dos objetivos. Ao encontro desse argumento, Gil (2018, p. 113, tradução nossa) menciona o “[...] vocabulário extraordinariamente fraco, vago e impreciso, com o qual os objetivos e metas foram deliberadamente escritos, facilitando, assim, sua não conformidade”.

Easterly (2015, p. 323) segue sua crítica, comentando que “[...] a única coisa em que todos os 193 líderes poderiam concordar é que os ODS não os comprometeram a fazer nada”. Ainda menciona que “[...] os ODS continuam uma tradição venerável da ONU, na qual ninguém é responsável individualmente por nenhuma ação”, embora todos sejam “[...] coletivamente responsáveis pelos resultados”. Gil (2018, p. 113) menciona que

Os ODS definem uma agenda tão extensa, quanto ambiciosa, mas cheia de retórica, cinismo político e inconsistência técnica, o que se reflete em vários objetivos de realização impossível, à luz dos acordos e decisões adotados pelos governantes em muitos países.

Sobre os ODS, Gil (2018) tece inúmeras críticas, quanto às suas incoerências, dentre metas e objetivos, assim como incoerências relacionadas à sua ratificação por países que se negam a assinar importantes tratados internacionais, que estão contidos na própria Agenda 2030, como os relacionados a armamentos ou às mudanças climáticas.

Nota-se que, apesar de todas as discussões políticas internacionais ocorridas a partir da Conferência de Estocolmo, a visão, tanto dos atores externos, como a de acadêmicos, é a de que os Estados acabam tendo uma visão autocentrada do desenvolvimento, sem ver a insustentabilidade de seus próprios atos. Pensamento, esse, ilustrado por Guimarães e Fontoura (2012, p. 28):

Quando alertas semelhantes [de que os sistemas de suporte da vida no Planeta continuam sendo incessantemente destruídos] foram feitas no período que antecedeu a Rio-92, o então Presidente dos EUA, George W. Bush (pai) rebateu os críticos de sua postura ambiental, declarando que “o modo de vida americano não é negociável; ponto” (DEEN, 2012). Vinte anos mais tarde, os líderes mundiais que estão no poder, especialmente nos países mais ricos e que mais se beneficiaram dos padrões insustentáveis de desenvolvimento, pareceram atuar sob a mesma lógica perversa, e parecem

reproduzir a mesma visão de futuro, entrincheirados no passado de seus privilégios, às custas do resto do Planeta.

Essa visão egoísta dos Estados, retratada no parágrafo anterior, é corroborada pelos documentos oficiais construídos nos encontros multilaterais, a partir da conferência Rio+10, nos quais resultados pouco relevantes são caracterizados como aperfeiçoamentos (VIOLA; FRANCHINI, 2012). Além disso, como retratam Easterly (2015) e Gil (2018), os mesmos Estados, quando criam objetivos (por exemplo, os ODS), atenuam a necessidade de cumprimento desses, a partir do uso de termos fracos, vagos e imprecisos.

Em busca das possíveis causas para esse esvaziamento da política internacional relacionada à sustentabilidade, Nascimento (2012), faz uma abordagem sobre a possível insuficiência da discussão sobre desenvolvimento sustentável, ao se basear no tripé ambiental-social-econômico. O autor menciona que, ao se sustentar nessas três dimensões, outras, como a dimensão do poder (da política), ficam menos relevantes no contexto da discussão, apesar de sua fundamental importância. E afirma (NASCIMENTO, 2012, p. 56):

A consequência do esquecimento da dimensão [...] política é uma despolitização do Desenvolvimento Sustentável, como se contradições e conflitos de interesse não existissem mais. Como se a política não fosse necessária no processo de mudanças. Como se as formas de exploração violentas não fossem mais importantes, e a equidade social fosse construída por um simples diálogo entre organizações governamentais e multilaterais, com assessoria da sociedade civil e participação ativa do empresariado. [...]

Na tentativa de invisibilizar a esfera da política, centrando as mudanças sociais no mundo da tecnologia, esquece-se de que as mudanças passam, necessariamente, por instâncias econômicas e espaços políticos.

O mesmo autor ainda menciona outra dimensão, que considera relevante no âmbito da discussão sobre desenvolvimento sustentável: a cultura (NASCIMENTO, 2012, p. 57, grifo nosso). Ele refere que:

[...] não será possível haver mudança no padrão de consumo e no estilo de vida, se não ocorrer uma mudança de valores e comportamentos; uma sublimação do valor **ter mais, para o valor ter melhor**; se a noção de felicidade não se deslocar do **consumir, para o usufruir**; se não se verificar a transferência da **instantaneidade da moda**, para a **durabilidade do produto**; se não tivermos pressões para a adoção e valorização, por exemplo, do transporte público e, se possível, para o **melhor** transporte, o

não transporte. O desenvolvimento sustentável, aparentemente, supõe uma reforma intelectual e moral, para usar a velha expressão de Gramsci (1975), de maneira a acolher e estimular a adoção de novas tecnologias e novas formas de viver.

O mesmo autor ainda sugere que “O modo de produção e consumo vigente traz, em si, ameaças que agem de forma independente [...]” do “[...] provável aquecimento global”, mas que afetam “[...] a qualidade de vida dos que não a têm hoje e a das gerações futuras” (NASCIMENTO, 2012). Todo o conteúdo apresentado pelo autor mostra a necessidade de mudança de paradigma, relacionado aos modos de produção e consumo, para que, globalmente, possa haver uma maior sustentabilidade; ou seja, que não se consuma uma maior quantidade de recursos, do que aqueles que os sistemas de suporte da terra são capazes de “repor”.

3.6.2 A prática da sustentabilidade e sua relação com os resíduos sólidos

Rockström *et al.* (2009 *apud* VIOLA; FRANCHINI, 2012, p. 1) referem a tese de que a humanidade está ultrapassando a época do Holoceno:

[...] período que abrange, aproximadamente, os últimos dez mil anos e onde certos parâmetros biogeoquímicos e atmosféricos oscilaram dentro de um espaço relativamente pequeno, gerando condições climáticas (temperatura, precipitações, extremos climáticos) benignas e estáveis, em muitas regiões do planeta, após a era glacial.

Segundo os mesmos autores, a época do Antropoceno inicia, aproximadamente, com a Revolução Industrial. Essa época se caracterizou por dois atributos centrais: “[...] o fator antrópico, como principal vetor de mudança sistêmica, e o abandono progressivo do domínio estável do Holoceno [...]” (VIOLA; FRANCHINI, 2012, p. 2). Lyle (1994) considera que o equilíbrio da natureza – resultado de bilhões de anos de evolução – e sua diversidade são quebrados, em poucos milhares de anos, pelos humanos, que a subjagam, ao invés de com ela conviver em harmonia.

Lyle (1994) argumenta que

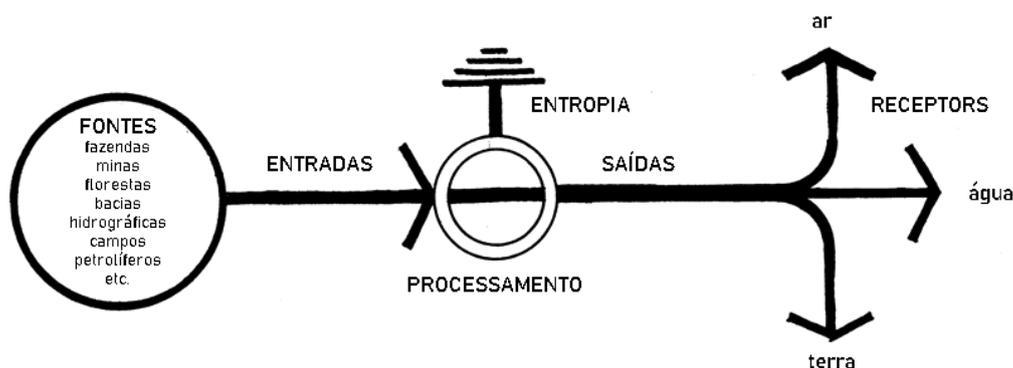
A era industrial separou a tecnologia da vida diária. Ela virou algo fisicamente separado, emocionalmente remoto, dificilmente sob controle humano e inerentemente estranho. Temos que retomar o controle dos meios de suporte de vida. Na verdade, teremos que abraçar e celebrar eles, e o projeto é um dos melhores meios para isso.

O autor ainda menciona que (LYLE, 1994, p. 4):

O **desenvolvimento industrial** convencional, praticado nos dois últimos séculos, **é inerentemente insustentável**; a depleção de recursos e a degradação ambiental se baseiam no projeto de nossas paisagens do século 20 e, especialmente, de nossas cidades.

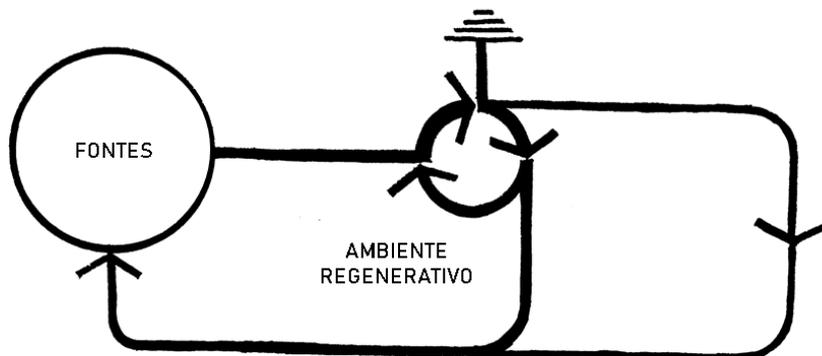
Dialogando com a teoria apresentada por Viola e Franchini (2012), Lyle (1994) cita um conceito criado por Patrick Geddes, em 1915, que identifica que a humanidade vive uma época denominada de **Paleotécnica: caracterizada pelos fluxos lineares degenerativos** (Figura 5), sem pensar na capacidade de reposição da natureza, e que, para diminuir esses impactos e viver sustentavelmente com o meio ambiente, deveria haver uma mudança em direção a uma nova era, a **Neotécnica: caracterizada por ciclos regenerativos** (Figura 6), que interagem harmonicamente com o meio natural.

Figura 5 – Fluxo linear degenerativo



(fonte: LYLE, 1994)

Figura 6 – Fluxo regenerativo



(fonte: LYLE, 1994)

Nesse sentido, Lyle (1994) considera que o projeto (*design*) ambiental deve envolver profissionais de diferentes áreas, ou seja, “[...] arquitetos, paisagistas, urbanistas, cientistas, artistas, engenheiros, cientistas sociais; assim como aqueles que são afetados” pelos projetos, constituindo, assim, um trabalho “[...] verdadeiramente interdisciplinar, aplicando processos colaborativos”. Quanto às fontes de inspiração para projetos regenerativos, ele menciona que “[...] **a natureza não perturbada constitui a melhor fonte de entendimento de como os processos naturais funcionam. Essa é a parte mais importante da nossa biblioteca de informações para viver na terra**”. Quanto às características dos sistemas regenerativos, o autor menciona (LYLE, 1994, p. 11):

- a) integração operacional com processos naturais e, por extensão, com processos sociais;
- b) uso mínimo de combustíveis fósseis e produtos químicos artificiais, exceto para emergências;
- c) uso mínimo de recursos não renováveis, exceto quando houver a possibilidade de reuso futuro, e a reciclagem for possível e provável;
- d) uso de recursos renováveis, dentro de sua capacidade de se renovarem;
- e) composição e volume de resíduos, dentro da capacidade do ambiente de reassimilar eles, sem danos.

No capítulo “**Resíduos como um recurso**”, do seu livro *Regenerative Design for Sustainable Development*, Lyle (1994) apresenta as seguintes características da Era

Paleotécnica, no que se relaciona aos resíduos sólidos: os aterros sanitários e a incineração. Quanto aos primeiros, ele considera (LYLE, 1994, p. 226):

[...] uma maneira degenerativa de lidar com os resíduos, sendo um meio de desperdiçá-los. Materiais descartados e depositados em aterros são efetivamente removidos do domínio do uso humano. Os materiais, a maioria deles não renováveis, e a energia incorporada neles, não estão mais na economia. A maioria desses materiais são reutilizáveis de algumas maneiras.

Quanto aos incineradores, considera que “[...] deixam de fazer uso da utilidade potencial, que permanece em grande parte do material considerado desperdício [...]” (LYLE, 1994), além de todas as desvantagens já apresentadas no presente trabalho. Sobre os exemplos de destino e disposição mencionados, o autor explica que (LYLE, 1994, p. 228, grifo nosso):

[...] são típicos das formas de lidar com resíduos, que se tornaram uma prática mais ou menos padrão, durante o período industrial. Como geralmente praticado, todos eles são processos degenerativos, não apenas porque resultam em poluição, mas porque não contribuem para os processos de renovação e renascimento da Terra. Eles não reconhecem o valor dos recursos desperdiçados. Não sendo regenerativos, eles são essencialmente degenerativos.

Como o termo "disposição de resíduos" implica, todos os nossos meios convencionais de lidar com resíduos tratam apenas de uma parte desagregada da questão maior - do fluxo de materiais nos ecossistemas humanos. Eliminar o lixo - **tirá-lo da vista e, portanto, da mente** - é apenas uma parte do trabalho necessário. A outra parte, igualmente essencial, **é imitar a capacidade da natureza de assimilar o material em uso ou os processos naturais que sustentam a vida**. As práticas que conseguem isso são **regenerativas**.

Nas práticas e tecnologias para a regeneração de materiais indicadas por Lyle (1994), estão o reuso direto, a reciclagem mecânica e a reassimilação biológica. Quanto ao reuso direto, o autor menciona que “[...] nas sociedades industriais, o baixo custo dos bens materiais geralmente faz com que eles sejam descartados, muito antes de sua utilidade se esgotar”. Como exemplos de meios de prolongar sua utilidade, ele indica: “[...] vendas de garagem; feiras hippies; encontros de trocas; ferros-velhos; e brechós”. Porém, o autor admite que o reuso é pouco frequente, atualmente, e sugere que (LYLE, 1994, p. 230):

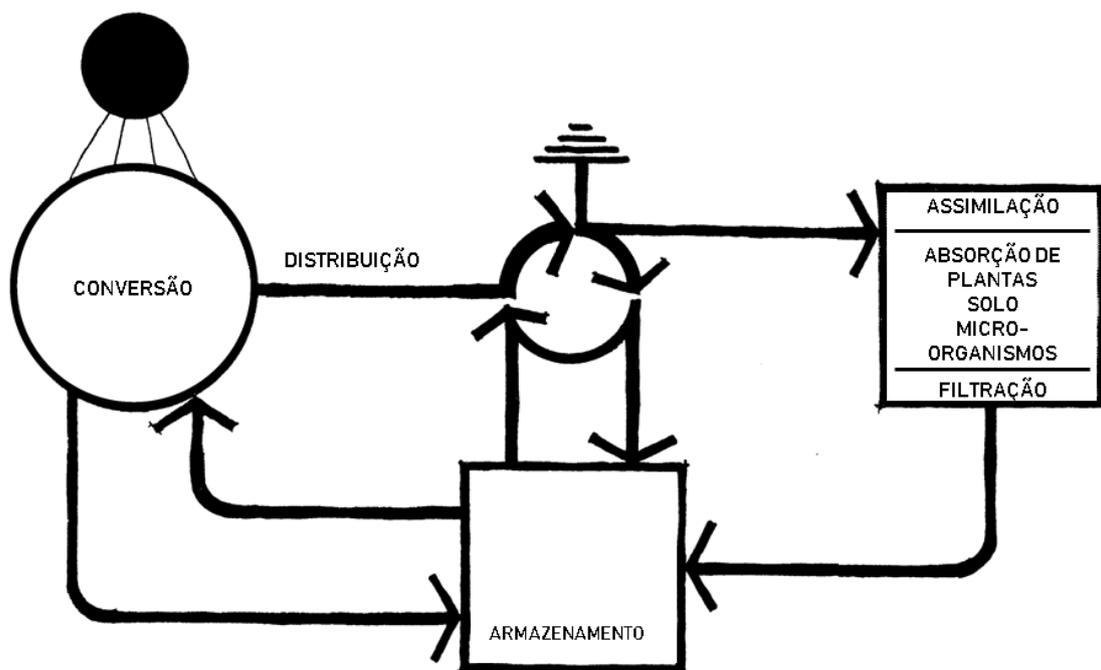
[...] as forças sociais devem se afastar de fluxos unidirecionais – materiais devem se tornar subitamente menos disponíveis ou mais caros, por exemplo, ou os custos de disposição abruptamente aumentarem – então, a importância

dos mercados de reuso poderia ser muito maior. Cada recessão mostra essa tendência, quando as vendas de brechó e de segunda-mão aumentam, enquanto as das lojas convencionais diminuem.

Quando explica o conceito da reciclagem mecânica, Lyle (1994) menciona que esse método de lidar com os resíduos envolve, inerentemente, a incorporação de mais energia na matéria, pelo processamento de remodelação e remanufatura. Ele comenta que **a maioria dos materiais envolvidos no ciclo dos resíduos, se não é reutilizável, é reciclável por processo mecânico ou biológico**. Quanto ao segundo (Figura 7), o autor cita que (LYLE, 1994, p. 231):

A reassimilação biológica difere do reuso [e da reciclagem], pois segue a primeira estratégia [de seu livro], **deixando a natureza fazer o trabalho**, recorrendo a processos naturais de decomposição, para reintegrar os materiais na paisagem. A filtragem e a reabilitação dos materiais dependem da atividade de decomposição, realizada por inúmeras bactérias e por outros micróbios, que não são vistos em nosso ambiente. Embora não tenhamos consciência deles, na maioria das vezes, esses micróbios são responsáveis pela maior parte da atividade da Terra. Podemos fazer uso de seus esforços de várias maneiras, três das quais são especialmente importantes: compostagem, tratamento natural de esgotos e biorremediação. Essas tecnologias são extremamente significativas para o futuro, com probabilidade de se desenvolverem crescentemente em eficácia e sofisticação.

Figura 7 – Ciclo regenerativo de resíduos



(fonte: LYLE, 1994)

No que tange à política internacional, referente às conferências e resoluções da ONU, até a Rio 92, Castro e Araújo (2004, p. 563-564, grifo nosso) apresentam as contribuições que consideram mais relevantes, relacionadas aos resíduos sólidos:

A geração de resíduos sólidos vem assumindo proporções crescentes e é reconhecida como um dos maiores problemas da humanidade. **De fato, nossos padrões de consumo e produção vêm aumentando, a cada dia, a quantidade de resíduos de toda [a] espécie.**

A preocupação com a gestão dos resíduos sólidos se reflete na Resolução nº 44/ 228, de 22 de dezembro de 1989, da Assembleia Geral da ONU (ONU, 2000), que defende a **elaboração de estratégias para interromper e reverter os efeitos da degradação ambiental, nos âmbitos nacional e internacional**. Posteriormente, essa questão reaparece, por ocasião da discussão da Agenda 21, durante a ECO-92. A Agenda 21 é um documento que reflete um consenso global e um compromisso político dos países signatários, sobre a necessidade de conciliar desenvolvimento e preservação ambiental.

A Agenda 21, no capítulo 21, ao discutir o problema dos resíduos sólidos, afirma que as políticas públicas nacionais para esse problema devem ser baseadas em quatro pontos: diminuição dos resíduos produzidos; maximização da reutilização e reciclagem dos resíduos; promoção da disposição e do tratamento; e ampliação da cobertura do serviço de coleta à toda população.

Já, a Agenda 2030, dentre seus dezessete objetivos e 169 metas, apresenta as seguintes, que são relacionadas aos resíduos sólidos, segundo o Movimento Lixo Cidadão (CONHEÇA..., 2020):

1. 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;
2. Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e [de] 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;
3. Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos, por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso;
4. Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos – acabar com os lixões;
5. Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com os países

desenvolvidos assumindo a liderança – melhorar a eficiência dos recursos globais.

3.7 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS COMPOSTÁVEIS: A TÉCNICA DA COMPOSTAGEM

A compostagem é um método de “[...] bioconversão de matéria orgânica, por microrganismos heterotróficos (bactérias, fungos, actinomicetos e protozoários), em uma matéria, como húmus, chamado composto” (MURALIKRISHNA; MANICKAM, 2017, p. 454, tradução nossa). Porém, para a compostagem, o ideal é que tal matéria orgânica compostável esteja já separada dos materiais secos recicláveis e rejeitos, não necessitando de processos complementares, após a sua coleta. Nesse sentido, a compostagem é a ponta de um sistema, que envolve a necessidade de educação da população a respeito de como lidar com seus resíduos, tanto na separação, quanto na própria compostagem doméstica. Os diferentes processos de compostagem, com técnicas cada vez mais avançadas, podem esbarrar na qualidade dos resíduos orgânicos que os geradores descartam, com a presença de resíduos não compostáveis, como, por exemplo, plásticos e metais. No presente item são abordados os atuais métodos mais utilizados de compostagem, assim como exemplos de aplicação da compostagem, como método mais racional de gestão de resíduos, do que a sua simples disposição no solo.

3.7.1 Compostagem: alguns métodos recentes

Visto que a compostagem resulta da interação de microrganismos com os resíduos, quanto mais adequada a condição para que eles atuem, melhor o resultado do composto. Ao contrário do que ocorre em biorreatores anaeróbios, na compostagem o processo é diretamente relacionado à presença de oxigênio. A ocorrência de condições anaeróbias pode resultar em odores indesejáveis (DIAZ *et al.*, 2007). Sendo assim, a aeração é essencial para que o processo de compostagem seja bem sucedido. Alguns dos métodos, atualmente utilizados na compostagem são (SILVA *et al.*, 2017):

- a) leiras estáticas, com aeração forçada;

- b) leiras estáticas, com aeração passiva;
- c) leiras com revolvimento; e
- d) compostagem em sistemas fechados (“reatores”).

3.7.1.1 Compostagem com o emprego de leiras

Dentre os métodos de compostagem, como citado, tem-se três técnicas, que são desenvolvidas com o uso de leiras: estáticas, com aeração forçada; estáticas, com aeração passiva; e de leiras, com revolvimento. Segundo Silva *et al.* (2017, p. 46), a leira de compostagem é:

[...] a conformidade gerada, a partir da conciliação dos resíduos orgânicos somados a outros materiais, para estruturar e gerar condições ideais para a atividade biológica de interesse para a realização da compostagem. A arquitetura da leira acontece somente com os materiais colocados para o processo de compostagem; nenhuma obra de alvenaria ou madeira faz-se necessária.

Independente da técnica usada, a base para as leiras, de acordo com Diaz *et al.* (2007), deve ser feita em uma superfície dura e, de preferência, pavimentada. Esta recomendação tem por objetivo facilitar a manipulação dos materiais, controlar o lixiviado e prevenir a evasão de larvas de mosca da área. No caso de unidades com processamento de menos de 10,00 t/dia, não há necessidade de pavimentação: o piso poderá ser de argila compactada.

Quanto aos custos do sistema, Diaz *et al.* (2007) mencionam que são muito variáveis, dependendo: do tipo de resíduo que será compostado; da contaminação, ou não, dos resíduos; dos custos de mão-de-obra; dos requisitos de permissão de operação; e do uso que será dado ao composto. Já, os desafios mencionados pelos mesmos autores são: no caso de compostagem de excretas humanas ou animais, a dificuldade de eliminação de patógenos, já que no interior da leira poderá ter ocorrido a sua eliminação, mas, nas partes externas, poderão existir condições semelhantes às ideais para a multiplicação desses organismos; a possibilidade de, no caso de manejo inadequado, ocorrerem condições anaeróbias e, portanto, odores; e, no caso de haver uma baixa taxa de degradação, ser requerido um espaço considerável para sua implementação: condição que pode ser um importante fator limitante, se a área de terra requerida para sua implantação for escassa ou cara no local.

Para o processo de compostagem, o peneiramento é uma fase fundamental para a obtenção de um resultado adequado. Neste processo são retirados rejeitos, que, porventura, tenham sido adicionados de forma errônea ou desatenta, e/ou materiais de difícil decomposição. Segundo Silva *et al.* (2017), o uso do composto deverá observar algumas normas, para que possa ser comercializado (Quadro 5).

Quadro 5 – Normas pertinentes ao uso do composto

Legislação	Uso do composto orgânico
Uso Agrícola IN nº 25, de 23 de julho de 2009	Classe C - produto de utilização segura na agricultura; (mediante parâmetros estabelecidos)
Uso Agrícola IN nº 7, de 12 de abril de 2016	Fertilizante orgânico e condicionador de solo; (mediante parâmetros estabelecidos)
Agricultura Orgânica IN nº17/2014	Culturas perenes, florestais e ornamentais (mediante parâmetros estabelecidos)
Uso na jardinagem e hortas amadoras	Utilização em hortas residenciais, hortas escolares e hortas comunitárias (mediante parâmetros estabelecidos)

(fonte: SILVA *et al.*, 2017)

3.7.1.1.1 Compostagem com o uso de leiras estáticas, com aeração forçada

No método de leiras estáticas, com aeração forçada, há a “[...] insuflação ou aspiração do ar no interior das leiras [...]” por meio de equipamento (SILVA *et al.*, 2017, p. 15). Segundo Diaz *et al.* (2007), o sistema de aeração forçada envolve um período inicial de introdução de ar, para dentro e pela leira, sendo que, em período posterior, o ar é forçado para cima, pela leira. Quando aspirado, o ar passa por uma “pilha de filtro”, constituída de composto peneirado (Figura 8), para remoção de possíveis odores, ou é liberado diretamente no ambiente. Ainda segundo os mesmos autores, o sistema inclui seis passos (DIAZ *et al.*, 2007, p. 71):

- 1 – mistura de materiais estruturantes¹⁰ com os resíduos para serem compostados;
- 2 – construção da leira;
- 3 – processo de compostagem;
- 4 – peneiramento da mistura compostada, para remoção de materiais estruturantes reutilizáveis;

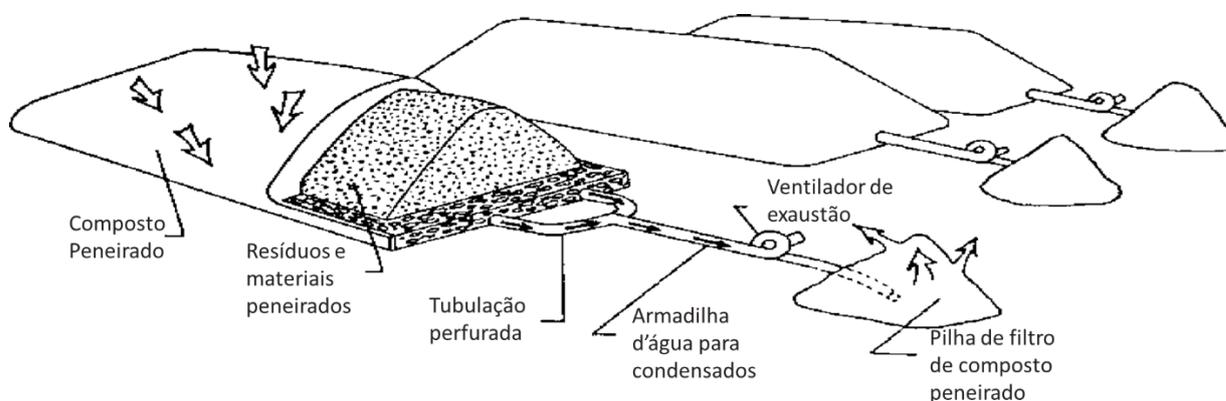
¹⁰ Materiais que são acrescentados às leiras para, como o nome sugere, dar estrutura, solidez.

5 – cura; e

6 – armazenamento.

Segundo Silva *et al.* (2017, p. 15), esse método tem um custo maior de implantação e operação, com relação a pátios menos mecanizados, além da necessidade de cuidado no seu manejo para “[...] preservar as estruturas de entrada de ar” e de circulação de água, para manutenção da umidade.

Figura 8 – Compostagem com aeração forçada (aspiração)



(fonte: DIAZ *et al.*, 2007)

Já, Diaz *et al.* (2007, p. 74, tradução nossa) argumentam que é o método menos caro, dentre os “[...] vários tipos de esquemas de compostagem disponíveis [...]”. Deve ser destacado, que estes autores não apresentam o método de leiras estáticas com aeração passiva. Segundo os mesmos autores, “[...] as razões para o baixo custo são: (1) necessidade limitada de manuseio de materiais e (2) custo relativamente barato do equipamento necessário”.

Ainda, Diaz *et al.* (2007) apontam que o método de leiras estáticas, com aeração forçada, não é adequado para qualquer tipo de materiais e condições, por requerer certa uniformidade nas partículas, onde a sua dimensão máxima não deverá exceder a 5 cm. Essa limitação é estabelecida para evitar que haja má circulação de ar, o que poderia gerar bolsões, com condições anaeróbias. Os mesmos autores mencionam que as leiras que utilizam esse método requerem as seguintes medidas: comprimento, entre 20 e 30 m; largura, entre 3,00 e 6,00 m; e altura, entre 1,50 e 2,50 m. Silva *et al.* (2017) mencionam que o método apresenta como vantagem: gerar pouco odor, e o

fato de se manterem estáticas, havendo revolvimento apenas na sua camada superficial.

3.7.1.1.2 Compostagem com o uso de leiras estáticas, com aeração passiva

De acordo com Silva *et al.* (2017), o método de compostagem termofílica, em leiras estáticas com aeração passiva, conhecido, no Brasil, como método UFSC, por ter sido aprimorado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi desenvolvido a partir do método artesanal indiano de compostagem. Segundo essa técnica, as leiras são construídas, em grande parte, com materiais estruturantes (como palha e serragem) e, em função de sua forma, atinge condições propícias (SILVA *et al.*, 2017, p. 15):

[...] para a ação microbiológica, em especial de bactérias termofílicas cuja ação eleva a temperatura do material acima dos 55° C, promovendo a higienização e eliminação de patógenos, bem como a rápida e eficiente degradação dos resíduos orgânicos.

Segundo o Manual de Orientação, produzido conjuntamente pelo Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo (Cepagro) e pelo Serviço Social do Comércio, Departamento Regional Santa Catarina (SESC/SC) (BRASIL, 2017a), a aeração da leira é propiciada pelas temperaturas alcançadas (acima de 45° C), que contribuem para a ocorrência de convecção natural, com uma corrente de ar quente ascendente, dentro da leira. O Manual ainda salienta que essa convecção é facilitada pela grande quantidade de materiais estruturantes, que permitem a entrada e saída do ar, e, ao mesmo tempo, mantendo uma temperatura suficientemente elevada no interior da leira.

Em etapa posterior, após o término da etapa termofílica, com o composto já resfriado, “[...] o material é maturado por macro-organismos, como minhocas e embuás [...]”. Esse método de compostagem tem custos de implantação baixos, mas requer uma quantidade maior de mão de obra, para sua manutenção. Como a leira estática com aeração forçada, esse método gera poucos odores, sendo recomendado, inclusive, para áreas urbanas (SILVA *et al.*, 2017, p. 15). Quanto às dimensões, elas devem ter: entre 1 e 2,50 m de largura, quando com manejo manual, e até 3 m, quando contando

com manejo mecânico; comprimento, entre 10 e 20 m; e altura, entre 1 e 1,50 m, no caso de manejo manual; e até 2 m, no caso de manejo mecânico (BRASIL, 2017a).

3.7.1.1.3 Compostagem com o uso de leiras estáticas, com revolvimento

O método de leiras com revolvimento, segundo Diaz *et al.* (2007), refere-se àquele que aera os resíduos, por meio de tombamento e reconstrução da leira, fazendo com que haja a exposição dos resíduos ao ar, e promovendo a homogeneização da decomposição deles, já que a zona ativa se encontra no interior da leira. Os mesmos autores argumentam que o revolvimento também ajuda na redução das partículas. Citam que existe uma questão controversa: sabe-se que há a dissipação da umidade com o revolvimento dos resíduos; isto poderá constituir um aspecto positivo, no caso de a umidade estar muito elevada no interior da leira; no entanto, ele será negativo, caso a leira esteja seca. Mencionam, ainda, a possibilidade de a leira ser umidificada, no processo de revolvimento.

Segundo Silva *et al.* (2017, p. 14), o método com revolvimento é “[...] muito utilizado nas chamadas ‘*usinas de triagem e compostagem*’”. Os autores argumentam que, por não serem cobertas, é mais difícil evitar o acesso de moscas e a exalação de odores pelas leiras. Por isso, não é um método indicado para áreas urbanas, ou, se implantados em tais áreas, os pátios requerem uma proteção, por meio de áreas vegetadas, para mitigação dos impactos visuais e sonoros sobre a vizinhança. Os autores ainda apontam que o processo requer a adição de água às leiras, requerendo um manejo constante. Inácio e Miller (2009), mencionam que o método é mais adequado para grandes volumes de “[...] material vegetal (restos de poda, grama e folhas secas)”, não sendo recomendável para a compostagem de materiais com grande conteúdo de umidade, como restos alimentícios.

Sobre requisitos desse método de compostagem, Diaz *et al.* (2007) mencionam que, se feito manualmente o revolvimento, o espaço necessário para as leiras mais que dobra, já que a leira é tombada lateralmente.

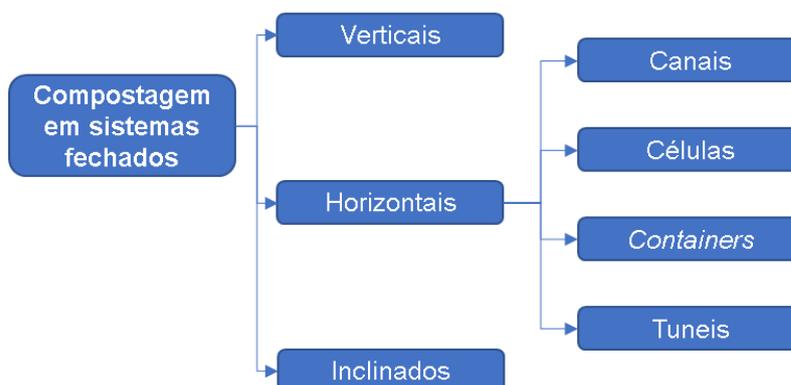
No caso de revolvimento mecânico, a área pode variar, de acordo com o maquinário. Se o revolvimento ocorre no mesmo espaço ocupado originalmente pela leira, o espaço extra entre leiras é apenas o da máquina; se o revolvimento envolve o

tombamento (para os lados), o espaço requerido se equiparará ao do revolvimento manual.

3.7.1.2 Compostagem em sistemas fechados

A compostagem em sistemas fechados (“reatores”), ou *in-vessel*, diferentemente dos sistemas em leiras, é desenvolvida sob condições mais controladas (com menos influência do clima: chuva, vento e temperatura) (SILVA *et al.*, 2017). Como o próprio nome sugere, é feita em sistemas fechados, de diferentes formas. Haug (1993 *apud* DIAZ *et al.*, 2007, p. 79) classifica tais sistemas de acordo com seus formatos: verticais, horizontais e inclinados (Figura 9). Diaz *et al.* (2007) adicionam que eles podem ser divididos em sistemas estáticos e dinâmicos.

Figura 9 – Sistemas fechados de compostagem



(fonte: baseado em HAUG, 1993 *apud* DIAZ *et al.*, 2007, p. 79)

Sobre os **reatores verticais** (Figura 10), Diaz *et al.* (2007, p. 80, tradução nossa) mencionam que são, geralmente: cilíndricos; construídos em concreto armado ou aço; isolados termicamente; com seus volumes variando “[...] de alguns metros cúbicos, até mais que 1.500 m³”. Na maioria dos modelos, o material é alimentado pela parte superior, e removido pela sua parte inferior, com o uso de uma rosca transportadora.

Figura 10 – Sistema de reatores verticais de grande escala



(fonte: DIAZ *et al.*, 2007)

A aeração dos resíduos é feita por meio de “[...] aeração forçada, ou pelo fundo - por meio de canos de aeração; ou pela parte superior - com a inserção de um tubo de distribuição, a partir do qual são inseridos, no interior da massa em processo de compostagem, uma série de canos de ar”. Os gases removidos dos reatores são direcionados para um sistema de tratamento. Segundo os mesmos autores, “[...] a maioria dos reatores verticais usados para a compostagem de resíduos sólidos e lodos municipais passaram por um número significativo de dificuldades operacionais e foram fechados” (DIAZ *et al.*, 2007, p. 80, tradução nossa).

Os **reatores horizontais** (Figura 11), por sua vez, podem ser de quatro tipos (como já apresentado na Figura 9). Os canais ou valas possuem estruturas semelhantes aos sistemas de leiras. Segundo Diaz *et al.* (2007), o material a ser compostado é colocado entre paredes, em alturas variáveis, e separadas por distância de, aproximadamente, 6 m, possuindo um comprimento, frequentemente, de 50 m.

Figura 11 – Reator horizontal



(fonte: DIAZ *et al.*, 2007)

Diaz *et al.* (2007) também mencionam que a aeração é obtida, tanto por insuflamento, quanto por revolvimento mecânico e, geralmente, as valas são posicionadas em locais fechados, com pressão negativa, para que não ocorram emissões de odores ou gases nocivos. Os gases captados passam por um biofiltro ou outros dispositivos de controle de poluição de ar. Esse sistema de compostagem pode ser operado por batelada ou continuamente. Em geral, o tempo de detenção é de, aproximadamente, 4 semanas.

A compostagem, em sistemas por células, do tipo fechadas horizontalmente, ocorre, segundo os mesmos autores, em unidades hermeticamente fechadas, o que possibilita a obtenção de condições ideais para o processo. Tal sistema pode ser construído *in situ* ou pré-fabricado, sendo, geralmente, isolados termicamente, para evitar perdas de temperatura. Normalmente, o tempo de compostagem intensiva é de, aproximadamente, 14 dias, dependendo do material a ser compostado. A oxigenação ocorre por meio da aeração forçada, com ascensão a partir do fundo, sendo uma parte do gás exalado, parcialmente recirculado, e a outra parte, passa por um biofiltro. A umidade é controlada por meio de um sistema de rega, disposto na parte superior da

célula, e por um sistema de coleta de água, no piso. Eles, em geral, têm forma retangular, possuindo um volume entre 100 e 1.000 m³.

O sistema fechado horizontalmente, em *containers*, é semelhante ao de compostagem em células, possuindo volumes entre 20 e 40 m³. Em geral, a parte superior é removível, sendo aberta para a introdução dos resíduos. O sistema de circulação de ar e água é semelhante ao do sistema com células. O tempo de maturação varia de 8 a 15 dias. Em geral, os *containers* são utilizados em módulos, com 6 ou 8 unidades, e cada módulo pode processar entre 3 e 5 mil t/ano de matéria orgânica (DIAZ *et al.*, 2007).

Os sistemas fechados, chamados túneis, são essencialmente caixas isoladas retangulares, de 4 a 5 m de largura; 3 a 4 m de altura, e até 30 m de comprimento. Os resíduos são introduzidos de um lado, sendo movidos por um pistão hidráulico, ou por um movimento do fundo do túnel, até o lado oposto. Tanto a água, quanto o ar, são monitorados, e podem ser adicionados aos resíduos. Tubos posicionados na parte superior do túnel removem o ar, via pressões negativas. Todos os processos são comandados por computador, e o tempo de retenção é próximo de 14 dias (DIAZ *et al.*, 2007).

O **sistema fechado *in-vessel***, que não é considerado, nem vertical, nem horizontal, é um método que conta com um tambor rotativo, ou reator inclinado (Figura 12). Como o próprio nome sugere, ele constitui um sistema dinâmico, composto por um recipiente cilíndrico inclinado, que gira em volta de seu eixo, com o que o resíduo, que é introduzido em sua extremidade mais alta, escoar até a extremidade inferior, na qual o composto é retirado. O cilindro tem comprimento em torno de 45 m, e um diâmetro entre 2 e 4 m, com uma rotação com velocidade, entre 0,2 e 2 rpm. A alimentação de oxigênio é automática, acompanhando a rotação e mistura dos resíduos, mas podem ser encontradas situações contando com um suprimento externo, ao longo do cilindro. Quanto à umidade, ela é controlada, para que se mantenha próxima à ideal, de modo a otimizar a ação dos microorganismos. O tempo em que o material permanece no cilindro varia entre 2 dias e uma semana; sendo que, após essa primeira fase, o material é curado em leiras (DIAZ *et al.*, 2007).

Figura 12 – Método do tambor rotativo



(fonte: DIAZ *et al.*, 2007)

Quanto aos fatores econômicos, os relacionados aos reatores, são “[...] mais desfavoráveis que aqueles de sistemas de leiras [...]”, segundo Diaz *et al.* (2007, p. 87, tradução nossa). Silva *et al.* (2017, p. 15) corroboram essa informação, afirmando que é um sistema que envolve alto investimento, e que é “[...] mais utilizado para grandes volumes de resíduos orgânicos”.

3.7.1.3 Vermicompostagem

Este método faz uso de minhocas, que são vermes, daí o nome. Ela pode ocorrer “[...] em caixas de madeira, blocos de concreto, manilhas (anéis de concreto), canteiros de tijolos ou, simplesmente, em montes [...]” (RICCI, 1996, p. 8). Esta compostagem requer tipos específicos de minhocas, sendo mais comum o uso da espécie Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*). Ao contrário dos métodos apresentados anteriormente, essa técnica requer uma relação carbono/nitrogênio menor, podendo haver uma menor preocupação com essa proporção. É comum a utilização, na vermicompostagem, de: esterco; restos de culturas; resíduos de agroindústria; e resíduo domiciliar. O substrato, composto por resíduos e esterco, “[...] deve ser submetido a uma pré-decomposição, a fim de evitar a fermentação, que é prejudicial às minhocas, devido a produção de gases tóxicos e elevação da temperatura” (RICCI,

1996, p. 15). Essa etapa de pré-decomposição é semelhante à da compostagem em leiras, com ventilação natural, e dura entre 5 e 6 semanas. Após essa preparação, o substrato é colocado no local onde deverá ocorrer a vermicompostagem, em camadas intercaladas de materiais, de maior e menor facilidade de compostagem e, só então, são adicionadas as minhocas. Durante a decomposição é importante cuidar de alguns aspectos técnicos, tais como a umidade dos materiais. O composto estará pronto, havendo um manejo adequado, entre 50 e 60 dias (RICCI, 1996).

O método de vermicompostagem utilizado em Cuba, segundo Berc *et al.* (2004), utiliza camas altas, nas sombras de plantações de manga ou de banana (Figura 13), ou sob lonas (Figura 14). A largura dessas camas varia entre 1,2 e 1,5 m de largura, e entre 30 e 60 m, de comprimento, sendo orientada no sentido norte-sul, para diminuir a exposição ao sol. O método segue uma sequência, com os seguintes passos: colocação de 15 cm de substrato no solo; irrigação desse substrato; e adição das minhocas. Após, a cada 15 dias, são colocados mais 10 cm de substrato. Depois de três meses, essas camadas de substrato podem ser adicionadas mais frequentemente, tal como a cada sete dias. O composto poderá ser coletado quando a cama atingir 60 cm, em um período de 3 a 4 meses. Para a coleta do composto (BERC *et al.*, 2004, p. 57, tradução nossa):

[...] um material de malha deve ser colocado no topo da pilha, através da qual as minhocas podem passar, e, depois, aplicar e irrigar uma camada final de substrato fresco. Os vermes se moverão para o novo substrato através da malha. Após 3 a 4 dias, a malha com o substrato e a maioria dos vermes poderá ser removida, para iniciar outro leito elevado. Em seguida, o vermihúmus final poderá ser coletado e usado.

Figura 13 – Vermicompostagem sob bananeiras



(fonte: BERC *et al.*, 2004)

Figura 14 – Vermicompostagem sob lona



(fonte: BERC *et al.*, 2004)

3.7.2 Compostagem: exemplos de aplicação

Existem inúmeros exemplos de aplicação de compostagem, espalhados pelo mundo. São apresentados, neste item, alguns casos, no Brasil e no exterior.

3.7.2.1 Exemplos de compostagem no Brasil

Na cidade de São Paulo (SP), há o caso de um estabelecimento comercial, o Shopping Eldorado, no qual há um gerenciamento diferenciado dos resíduos ali gerados. Tanto na praça de alimentação, como nos estabelecimentos que fornecem refeições, os resíduos compostáveis são separados e destinados a um sistema de tratamento, desenvolvido pelo engenheiro agrônomo Lázaro Sebastião Roberto (COMO..., c2020). O método, apresentado em cartilha do Portal Bioideias (TRATAMENTO..., c2020), consiste, após sua separação correta na fonte, em duas fases:

- a) tratamento e conforto: retirada de líquidos e vapores, a partir da adição de enzimas;
- b) bio-otimização: compostagem do material, que é otimizada com a adição de enzimas, em quantidade compatível com a quantidade de resíduos.

O composto é depositado em caixas de 25 kg e “descansa” por 5 dias, estando, então, pronto para ser utilizado. No estabelecimento citado, o método pode compostar até duas toneladas de resíduos, diariamente, e o composto é aplicado em um espaço de 5 mil m², no telhado do local (Figura 15). Nesta área, são plantadas hortaliças,

legumes, temperos e ervas, que são colhidas e distribuídas entre os funcionários. Como benefício secundário, a horta desempenha um papel de isolante térmico, diminuindo a necessidade de uso de ar-condicionado (CAMPOS *et al.*, 2018). Esse método é utilizado, também, na cidade do Rio de Janeiro, em dois estabelecimentos comerciais (TRATAMENTO..., c2020).

Figura 15 – Telhado verde, onde foi aplicado um processo de compostagem: Shopping Eldorado, em São Paulo,



(fonte: SHOPPING..., 2017)

Em Santa Catarina, na cidade de Lages, foi criado o Programa Lixo Orgânico Zero, vinculado à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e, em parceria com a Prefeitura de Lages. Segundo o idealizador do Projeto, Germano Güttler (2016), o Programa iniciou a partir de um Projeto de Extensão universitária, que visava a implementação de hortas em escolas de primeiro e segundo grau. Em um primeiro momento, entre 2005 e 2012, os resíduos compostáveis das cozinhas das escolas

foram utilizados em hortas, em paralelo a outros processos, envolvendo estudantes e professores, mas que acabou por se tornar cansativo para os participantes. A partir de 2012, o foco saiu das hortas e se direcionou à compostagem de resíduos, com a mesma finalidade, sendo criada a técnica de Minicompostagem Ecológica (Figura 16). A técnica foi fundamentada na deposição dos resíduos na superfície do solo, em canteiros e vasos, e posterior recobrimento, com materiais de difícil decomposição, semelhante aos empregados no método UFSC, apresentado anteriormente. Esses resíduos eram misturados semanalmente, com garfo de jardinagem e, em entre 30 e 40 dias, os resíduos davam origem a um composto, apto a receber plantas. O método, segundo o autor, ainda apresentava vantagens adicionais, como a de “abafar” sementes (que estivessem entre os resíduos) e inços, além de diminuir a necessidade de revirar a terra, e de irrigação, pois o composto tem a capacidade de absorver boa quantidade de água.

Figura 16 – Canteiros utilizando a técnica de Mini Compostagem Ecológica, em escola



(fonte: GÜTTLER, 2016)

Ainda sobre o Lixo Orgânico Zero, Güttler (2016) menciona que, entre 2013 e 2014, o sistema:

[...] foi amplamente divulgado pela nossa cidade [Lages (SC)] e mais de 100 escolas aderiram ao projeto [...] Atualmente (final de 2015), mais de 70 destas escolas estavam mantendo o projeto, mesmo sem acompanhamento e orientação dos bolsistas do projeto, mostrando que é uma tecnologia social, aberta e de fácil propagação.

O Projeto de Extensão, formalizado em 2013, ainda foi contemplado por edital do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), recebendo R\$ 985 mil, para aquisição de equipamentos, em 2019 (SILVA, 2019a). Com isso, a meta estabelecida no Projeto, que então contava com 25 bolsistas, foi de alcançar 40 mil famílias, via escolas. O Projeto conquistou o Prêmio Lixo Zero 2019. Segundo Germano Güttler (SILVA, 2019b), é estimada uma economia de R\$ 1 milhão aos cofres públicos, se for considerado o redirecionamento de, em torno de, 19% dos resíduos que, de outro modo, seriam direcionados ao aterro sanitário.

Maestri (2010, p. 18) apresenta algumas iniciativas de compostagem, em diferentes escalas, que ajudaram no desenvolvimento do método UFSC de compostagem, na cidade de Florianópolis/SC. Desde 1994, é feita, na UFSC, “[...] a reciclagem dos resíduos orgânicos provenientes de três restaurantes, uma creche, uma moradia estudantil, oito cantinas, um hospital, e um supermercado” (Figura 17), ajudando na formação de estudantes de Agronomia e dando visibilidade ao compromisso social e ambiental da Universidade.

A partir de 2004, houve a implementação do projeto Família Casca (Figura 18), que foi iniciado por acadêmicos da UFSC, tendo sido continuado, posteriormente, por moradores do local, bairro Córrego Grande, e pela Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis – FLORAM (MAESTRI, 2010).

Figura 17 – Pátio de compostagem UFSC



(fonte: MAESTRI, 2010)

Figura 18 – Oficina de compostagem no Projeto Família Casca



(Fonte: FAMÍLIA CASCA, 2007 *apud* MAESTRI, 2010)

Maestri (2010), referindo-se, ainda, à cidade de Florianópolis, indica que a Autarquia Companhia de Melhoramentos da Capital – Comcap, que coletava e dava destinação aos resíduos, em 2008, desenvolveu, em parceria com a UFSC e a Associação Orgânica, um projeto de reciclagem de resíduos orgânicos, para grandes geradores (Figura 19). O mesmo autor apresenta dados quantitativos dos exemplos citados, da cidade de Florianópolis, no Quadro 6.

Figura 19 – Pátio de compostagem da Comcap



(fonte: MAESTRI, 2010)

Quadro 6 – Resumo de alguns exemplos de Coleta Seletiva e Compostagem, em Florianópolis

Local	Fonte de resíduos	Sistema de coleta	Quantidade coletada e reciclada por ano (t/ano)	Área utilizada (m ²)	Relação quantidade reciclada por área (t/m ²)
UFSC	Restaurantes (3), Creche (1), Moradia Estudantil (1), Cantinas (8), Hospital (1), Supermercado (1)	O sistema consiste na disponibilização de bombonas de 50 litros para estabelecimentos da Universidade.	1050	800	1,31
COMCAP	Supermercado (1) Restaurante (1), Direto do campo (1).	O modelo consiste na coleta e reciclagem de grandes geradores, com disponibilização de bombonas de 50 litros para o armazenamento.	736	675	1,09
Família Casca	Residências (cerca de 200), Habitantes (600), Restaurantes (2), Padaria (1).	Disponibiliza um PEV com estrutura para receber resíduos orgânicos e óleo de fritura dos moradores do bairro.	156	126	1,24

(fonte: adaptado de MAESTRI, 2010)

Também em Florianópolis (SC), no bairro Monte Cristo, a Revolução dos Baldinhos (Figura 20) surgiu a partir de um grave problema de saúde pública, decorrente da colocação de sacolas contendo resíduos, em vias públicas, “[...] que eram reviradas e rasgadas por animais, causando proliferação de doenças” (CEPAGRO, 2016a, p. 12). Um surto de leptospirose, em 2008, chegou a levar dois jovens a óbito. O diagnóstico feito pela comunidade, em conjunto com o Cepagro, a partir de experiências da própria comunidade, em conjunto com as escolas locais, foi de que havia a necessidade de separação das sobras de comidas, para o seu tratamento na própria comunidade. Foi identificada a necessidade de distribuição de baldinhos, sendo necessário explicar aos moradores o que poderia ser depositado neles, trabalho esse executado por mulheres do próprio Bairro. A partir daí, inicia-se a Revolução dos Baldinhos, uma iniciativa comunitária de gestão de resíduos orgânicos que, além de trazer benefícios à saúde da comunidade, estreita os laços entre os moradores (CEPAGRO, 2016a).

Figura 20 – Leira de compostagem, na Revolução dos Baldinhos



(fonte: CEPAGRO, 2016b)

Com o aumento do número de famílias que aderiram ao Projeto, houve a necessidade de disposição, por parte da Comcap, de um veículo para coleta dos resíduos, que passaram a ser depositados, pelos moradores, em Pontos de Entrega Voluntária (PEV). O Projeto chegou a abranger 43 PEV, para duzentas famílias, mas, por falta de um local específico para a compostagem, ficou reduzido a 28 PEV, envolvendo cem famílias. Os dados então fornecidos pelo Cepagro (2016a) mencionavam ser recicladas doze toneladas de resíduos orgânicos, por mês, resultando em três toneladas de composto.

A Revolução dos Baldinhos, mesmo proporcionando grande benefício ambiental e social, não contou com nenhum recurso externo. Com o intuito de desenvolvimento de novas ações nessa direção, o grupo, em conjunto com o Cepagro (2016a, p. 16-17), buscou “[...] recursos para o trabalho do grupo comunitário, com elaboração de projetos para editais e premiações, possibilitando [o seu envolvimento com atividades diversas,] [...] durante os oito anos de projeto”. Quanto a reconhecimentos obtidos pelo grupo, houve, em 2011, a premiação da metodologia utilizada pelo grupo, como uma Tecnologia Social, pela Fundação Banco do Brasil. Em 2012, houve uma aproximação com o Serviço Social do Comércio de Santa Catarina (SESC-SC), o qual implementou pátios de compostagem em três de suas unidades. Em 2015, no intuito de difundir o método desenvolvido, o Cepagro “[...] realizou o 1º Curso de Formação em Gestão

Comunitária de Resíduos Orgânicos, com duração de uma semana e [contando com] participantes originários de diversas partes do país [...]” (CEPAGRO, 2016a).

Como consequência do sucesso da Revolução dos Baldinhos, assim como da tecnologia social envolvida, foi prestada uma assessoria, por parte do Cepagro, em 2015, ao município de São Paulo (SP), para a implementação de pátios de compostagem de resíduos orgânicos originários das feiras livres daquele município (CEPAGRO, 2016a). O projeto Feiras e Jardins Sustentáveis foi, então, implementado, em dezembro de 2015, por iniciativa da Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – Amlurb (Figura 21 e Figura 22). Segundo a Prefeitura de São Paulo (2020):

Na prática, o projeto se inicia nas feiras. As equipes de educação ambiental das empresas de varrição fazem o trabalho de orientação com os feirantes participantes. Todos são mobilizados e orientados a deixarem os restos de frutas, verduras e legumes que iriam para o lixo, dispostos em sacos da Prefeitura. No final da feira, os agentes de limpeza passam para recolher esse material e os encaminha para os pátios de compostagem.

Chegando no pátio, esses resíduos são misturados com restos de poda de árvore picada e palha. Após isso, são dispostos em leiras (canteiros), onde acontece o processo de compostagem, [...] [por cerca] de 120 dias. Por fim, esses resíduos [...] transformados em composto orgânico de qualidade [...] [são] distribuídos gratuitamente à população.

Figura 21 – Pátio de compostagem da Sé



(fonte: SÃO PAULO, 2020)

Figura 22 – Trabalhadores iniciando uma leira de compostagem, em São Paulo



(fonte: SÃO PAULO, 2020)

Em 2019, São Paulo (2019) contava com cinco pátios de compostagem (Tabela 1). Juntos podiam receber até três mil toneladas de resíduos orgânicos, por ano, que eram transformados em 420 toneladas de composto. Deve ser salientado que “A iniciativa permite a transformação de resíduos de frutas, legumes e verduras (FLV) em composto orgânico, que é utilizado como insumo em jardins e praças públicas, gerando ganhos econômicos e ambientais significativos [...]”. Adicionalmente, ocorre a doação do composto para “[...] feirantes, munícipes, visitantes dos pátios de compostagem, escolas, equipamentos de saúde, eventos da Prefeitura, cursos, palestras, congressos, seminários sobre o tema (como o Plantio Global e o Projeto Estufa Escola) [...] [sendo] utilizado na revitalização de pontos viciados [...]”.

Tabela 1 – Pátios de compostagem, em São Paulo

Pátio	Área (m ²)	Quantidade Semanal (t)	Contribuintes	Número de Leiras
Lapa	-	35	26 feiras	10
Sé	2800	60	32 feiras, Mercadão e Mercado Municipal Kinjo Yamato	9
Mooca	4539	60	44 feiras	9
Ermilino Matarazzo	3264	60	16 feiras	9
São Matheus	3100		38 feiras	9

(fonte: RISSO, 2019)

A partir de 2016, em função do reconhecimento, pela Fundação Banco do Brasil, da tecnologia social de Gestão Comunitária de Resíduos Orgânicos, da Cepagro, o método foi replicado “[...] em empreendimentos vinculados à política de habitações populares ‘Minha Casa, Minha Vida’” (CEPAGRO, 2016a). A Cepagro (CEPAGRO, 2016c) descreve como ocorreu a aplicação do Projeto em outras localidades:

- a) em dezembro de 2016, um agrônomo do Cepagro e a coordenadora comunitária da Revolução dos Baldinhos estiveram em Macaíba (RN), no Residencial Campinas, para compartilhar suas experiências de engajamento comunitário, reciclagem de resíduos orgânicos e agricultura urbana. O grupo comunitário integrou dezoito famílias, que se tornaram as multiplicadoras do conhecimento adquirido (CEPAGRO, 2016c);
- b) em fevereiro de 2018, houve a capacitação de outro empreendimento, com a presença dos mesmos facilitadores referidos no evento anterior, em Taubaté (SP), onde “[...] cerca de vinte famílias aprenderam sobre compostagem, hortas residenciais e a importância da sensibilização e mobilização comunitárias para o sucesso da tecnologia social” (CEPAGRO, 2018b);
- c) em julho de 2018, foi realizada oficina, em Foz do Iguaçu (PR), com a presença de um agrônomo do Cepagro e de uma agente comunitária da Revolução dos Baldinhos. Lá, foi realizada a capacitação em compostagem e a montagem de leiras e hortas. Os resultados dessa oficina foram: a mobilização de cinquenta famílias, no sentido de capacitá-las para o gerenciamento de resíduos, ficando quinze moradoras/es com a responsabilidade da coleta, compostagem e manutenção das leiras e hortas; e duas leiras (Figura 23), para a reciclagem de, aproximadamente, três toneladas de resíduos, ao mês, esperando-se que resulte na produção de 600 kg de composto (CEPAGRO, 2018a);

d) em fevereiro de 2019, ocorreu o último curso, até o momento, com a presença de agrônomo do Cepagro e de uma agente comunitária da Revolução dos Baldinhos, tendo sido feita capacitação de pessoas, em um condomínio, com 160 apartamentos, que integra um conjunto habitacional com mais de 2500 apartamentos, na cidade de Sorocaba (SP). O intuito era propor o gerenciamento de resíduos, para o local, de forma a tornar possível a multiplicação do conhecimento para os condomínios vizinhos. Como resultado, houve a confecção de composteiras, que ficaram sob responsabilidade de cinquenta famílias que, também, foram multiplicadoras do conhecimento. Houve, ainda, a proposta, em reunião posterior, de “[...] aliar a gestão dos resíduos secos, que já vem sendo feita por cerca de cinquenta famílias, e gestão dos resíduos orgânicos. A ideia é tornar o Conjunto Habitacional Carandá uma referência na gestão integrada de resíduos” (CEPAGRO, 2019).

Figura 23 – Moradores manejando uma leira recém-construída



(fonte: CEPAGRO, 2018b)

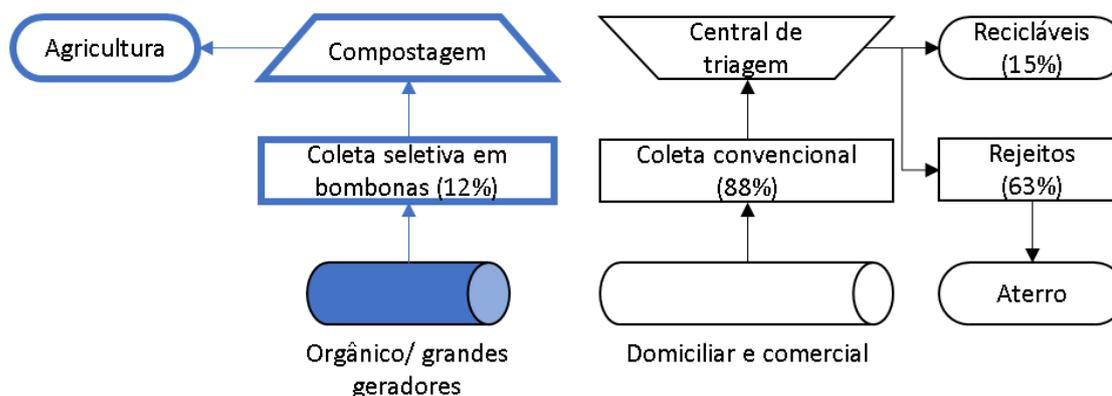
A Lei 10.501 (FLORIANÓPOLIS, 2019), já mencionada, foi elaborada em decorrência desses excelentes exemplos, principalmente daqueles ocorridos na própria Capital do estado de Santa Catarina, apresentados anteriormente, e que contaram com os apoios, tanto da academia, representada pela UFSC, como da Entidade de Utilidade Pública, a Cepagro, sendo reconhecida pelo município de Florianópolis e pelo estado de Santa Catarina (CEPAGRO, 2020), assim como pela sociedade civil. Neste sentido, é exemplar o Projeto Revolução dos Baldinhos, o qual, segundo o vereador

que propôs a Lei, Marcos José de Abreu, a proposta “[...] tem sua inspiração no Projeto Revolução dos Baldinhos, que promove, desde 2008, a gestão comunitária de resíduos orgânicos, sincronizada à prática de agricultura urbana, no Bairro Monte Cristo [...]” (ABREU, 2019).

Outro exemplo de aplicação do método de compostagem da UFSC foi o projeto piloto executado no município de Garopaba (SC) (INÁCIO; MILLER, 2009), desenvolvido entre os anos de 2002 e 2003 (Figura 24). O Município, por ter sua economia baseada no turismo, tem uma população residente de treze mil pessoas, mas, a população flutuante, alcança, por vezes, cerca de cem mil pessoas. A economia local está associada, também, a atividades pesqueiras e gastronômicas. Com isso, uma grande produção de restos de comida é gerada, que, em sendo mal administradas acarretavam mau cheiro e proliferação de vetores, além de prejudicar a separação de materiais recicláveis, junto à sua central de triagem. Relativamente à situação inicial, Inácio e Miller (2009, p.142) mencionam que:

A ação do plano piloto de gerenciamento de resíduos foi focalizar a coleta da fração orgânica dos resíduos sólidos, como estratégia para se aumentar, em curto prazo, a quantidade de matéria[s] reciclado[s], seco[s] e orgânico[s]. Foi implantado, então, o projeto piloto denominado **reciclagem orgânica**, que consistiu na priorização da coleta seletiva da fração orgânica e tratamento [...] [empregando a] técnica de Compostagem em Leiras Estáticas.

Figura 24 – Fluxograma dos resíduos sólidos, coletados e % do total coletado, com a implementação do projeto piloto de reciclagem orgânica, entre 2002 e 2003, em Garopaba/SC



(fonte: INÁCIO; KONIG, 2004¹¹ apud INÁCIO; MILLER, 2009)

¹¹ INÁCIO, C.T.; KONIG JUNIOR, G. Reciclagem orgânica: a fração orgânica como alvo da coleta seletiva. In: **Seminário Nacional de Resíduos Sólidos**, 2004, São Paulo. Anais. São Paulo: ABES, 2004.

Quanto aos resultados deste projeto piloto de compostagem, Inácio e Miller (2009) mencionam que, nos oito primeiros meses após a implantação do projeto piloto, 27,6% dos resíduos eram reciclados, sendo de 11,7%, a fração orgânica (49,5 t/mês). Além disto, foram gerados quatro empregos no pátio de compostagem. Anteriormente, eram reciclados 11% dos resíduos coletados e, a partir da implementação da coleta da fração orgânica, a triagem passou a reciclar 15,9% de materiais secos, o que passou a representar, inclusive, uma maior geração de renda aos catadores. Nota-se, então, um grande aumento do total reciclado, de 11%, para 27,6%. A operação do sistema foi terceirizada, a custo fixo mensal, variando, portanto, o custo unitário por tonelada de operação. Como consequências indiretas, houve uma diminuição dos custos com disposição, o que possibilitou, ao Município, encerrar as suas atividades junto ao lixão, até então em operação, além de dar início à coleta de resíduos pesqueiros, que antes eram negligenciados.

3.7.2.2 Exemplos de compostagem, no exterior

Nos EUA, tem-se o exemplo da cidade de San Francisco, na Califórnia. Segundo Mugica *et al.*(2017), esta cidade se destaca por apresentar, entre as grandes cidades da América do Norte, a maior taxa de redução de resíduos, anteriormente destinados para aterros, isto ocorrendo com mais de 80% de todos resíduos descartados. Uma série de ações foram implementadas, para que esse resultado fosse atingido (MUGICA *et al.*, 2017):

- a) em 1989, o estado da Califórnia definiu a meta de redução de 50% dos resíduos até então encaminhados para aterros;
- b) Particularmente, em San Francisco:
 - em 1996, ela foi a primeira cidade do País a implementar um programa de larga escala, de compostagem de resíduos de alimentação;
 - em 2000, já desviava 50% dos resíduos anteriormente destinados a aterros;
 - em 2002, ampliou seu compromisso para com o desvio de resíduos encaminhados a aterros, tendo estabelecido uma meta de 75% de desvio, para 2010;
 - em 2003, novamente amplia sua meta, no sentido de se tornar uma cidade “zero resíduos”, até 2020; isto é, a partir de então, não mais encaminhar resíduos para aterros ou incineração;

- desde 2009, implementou um sistema de estímulo ao emprego de três lixeiras, de modo a segregar: recicláveis, compostáveis e rejeitos.

A empresa responsável pela coleta, em San Francisco, de, aproximadamente, 650 toneladas de resíduos compostáveis por dia, dos quais, pelo menos metade, são resíduos de comida (MUGICA *et al.*, 2017). Os mesmos autores referem que o empreendimento associado à compostagem, *Jepson Prairie Organics*, converte, diariamente o total acima referido, em 350 toneladas de composto. O local processa em torno de 100 mil toneladas de material orgânico, por ano. Os aspectos relevantes, que ajudaram a cidade a atingir tais resultados, segundo Mugica *et al.*(2017, p. 3, tradução nossa), são: foco na legislação; tecnologias modernas de compostagem; uso de incentivos financeiros para a reciclagem e compostagem - como a diminuição da taxa cobrada sobre os resíduos, quando houver diminuição do volume de rejeitos a serem descartados, da casa para um destino final; e “[...] planejamento de educação e divulgação extensiva, esclarecendo sobre os benefícios da compostagem [...]”.

Sobre o estabelecimento de compostagem, acima mencionado, *Jepson Prairie Organics*, Cherney (2014, tradução nossa) menciona que esta instalação ocupa 56 acres (aproximadamente, 23 hectares), na qual 22 acres (em torno de 9 hectares) são destinados a um parque de compostagem. Para o processo, a empresa conta com “[...] uma frota de equipamentos de construção pesada e caminhões, que circula pelo local transportando composto [...]”. O procedimento da compostagem segue as seguintes etapas:

- a) coleta e transporte, até o estabelecimento;
- b) processamento de redução de dimensões dos resíduos, utilizando um equipamento com peneiras e trituradores, que também separam os materiais que não serão compostados no processo;
- c) colocação da mistura a ser compostada em leiras, passando por três “zonas de aeração”, e permanecendo durante dez dias, em cada uma;
- d) movimentação do material sendo compostado para outro local, onde é recolocado em leiras, sendo que estas são tombadas e umedecidas, diariamente, ao longo de 15 a 30 dias;
- e) peneiramento, para retirar o material grosseiro que será reprocessado;
- f) mistura com materiais, que modificam as propriedades minerais e químicas do composto, de modo a se ajustar ao requerido pelos clientes, de acordo com o uso que será dado ao composto.

Outro exemplo internacional é o de Cuba. Segundo Tran-Thanh (2016, tradução nossa), a partir da dissolução da União Soviética, nos anos 1990, Cuba teve uma queda brusca em suas importações, o que resultou, também, na falta de pesticidas, fertilizantes químicos e combustíveis. Além disso, como sua produção agrícola era centrada na monocultura de cana-de-açúcar para exportação, houve uma crise severa relacionada à falta de alimentos. Segundo Ewing (2008, tradução nossa), a ingestão média de calorias pela população caiu de 2600, por pessoa, nos anos 1980, para entre 1000 e 1500 calorias, em 1993. A partir desse quadro, o Estado passou a expandir a produção local, arrendando terras a quem quisesse produzir, e incentivando a produção de **organopônicos**: “[...] um sistema de agricultura urbana orgânica, para suprir as necessidades locais. [...] Cuba, hoje, tem em torno de 8 mil cultivos organopônicos, e 80% dos vegetais e frutas frescas consumidos em Havana são produzidos localmente [...]” (TRAN-THANH, 2016, tradução nossa). Diante da indisponibilidade de fertilizantes químicos e pesticidas, o País tornou-se especialista em técnicas de vermicompostagem e de criação de biopesticidas (EWING, 2008). Ambos os autores mencionam que, apesar do esforço governamental, Cuba ainda depende da importação de 70 a 80% dos alimentos consumidos pela sua população (TRAN-THANH, 2016; EWING, 2008).

Sobre a vermicompostagem em Cuba, Werner ([199_?]) menciona que ela iniciou, em 1986, com duas pequenas caixas de minhocas vermelhas (californianas). Segundo ele, em 1992, já se produziam 93 mil toneladas de composto, por ano. Berc *et al.* (2004) informam uma quantidade, mais ou menos de mesma ordem, de 72 mil toneladas. A Tabela 2 apresenta a evolução na produção de compostos no País, entre 1990 e 2003.

Tabela 2 - Produção de vermicomposto e composto, em Cuba (t x 1000)

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003
Vermicomposto	58	72	37	20	26	62	760	1300
Composto	0	0	707	565	563	1049	2019	8000

(fonte: MARTINEZ, 2003 *apud* BERC *et al.*, 2004, p. 56)

Quanto à União Europeia, o documento da Direção Geral do Ambiente da União Europeia (UNIÃO EUROPEIA, 2000, p. 7) apresenta dezessete exemplos,

implantados na Espanha, França, Irlanda, Itália, Portugal e Reino Unido, de sistemas bem-sucedidos de compostagem, para os Estados-Membro. Tais exemplos foram apresentados, para exemplificar como pode ser atendida a Diretiva 1999/31/CE, que “[...] tem como objetivo a garantia de elevados padrões de qualidade, na eliminação final de RSU, dentro da União Europeia [...]”. Tal diretiva estimula a compostagem da fração orgânica e a reciclagem, como meios de evitar o envio de resíduos para aterros. Quanto à compostagem, o documento enfatiza a importância da:

- a) separação da fração orgânica, ainda nas residências, evitando a mistura de rejeitos, orgânicos compostáveis e recicláveis secos, e contribuindo para a eficácia dos sistemas de compostagem;
- b) qualidade dos compostos, a fim de que haja a venda posterior deles, podendo o valor arrecadado diminuir o investimento necessário para a implementação do sistema;
- c) assistência financeira “[...] proveniente das autoridades municipais ou do governo [...]”;
- d) da publicidade e divulgação, a fim de assegurar a participação dos munícipes e entidades interessadas; e
- f) administração dos sistemas, sendo, em geral, realizada pelo governo local, com planejamento de acordo com as características locais.

Entre os exemplos estudados, tem-se sistemas abrangendo populações de dimensões diversas: entre mil (Kent, Inglaterra) e um milhão (Porto, Portugal). Associado a essa variação, em termos de dimensão populacional, são encontrados pátios centralizados com capacidades anuais, entre 250 toneladas (Kent, Inglaterra) e, aproximadamente, 125 mil toneladas (Oeiras, Portugal), além de sistemas de compostagem em escala doméstica. Todos os casos, com exceção de Arun (Inglaterra), que incentiva, de forma preferencial, a compostagem doméstica, utilizam a compostagem em leiras, ao menos em algum período do processo. Em dois dos dezessete casos referidos, a compostagem em “biocontentor” (sistemas fechados) é utilizada para acelerar o início do processo. O Apêndice A apresenta um resumo destes dezessete exemplos (UNIÃO EUROPEIA, 2000).

Como resultado, não só dos exemplos anteriores, mas principalmente da Diretiva 1999/31/CE, e segundo dados da *European Commission* (2020), houve, entre 1999 e 2018, uma diminuição da disposição de resíduos em aterros, de 59,17%, e um

aumento da participação da compostagem, como forma de tratamento, de 122,04%. Em 2018, o tratamento ou destinação dos resíduos, em porcentagem, era assim distribuído: 22,81%, destinados para aterros; 27,90%, incinerados; 30,02%, reciclados; 16,97%, compostados; e 2,30%, tratados em outros processos.

3.8 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “RESÍDUOS SÓLIDOS E COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA”

A revisão bibliográfica buscou apresentar a problemática dos resíduos sólidos, de forma ampla, ainda que sucinta, apresentando: aspectos históricos; termos técnicos; legislação corrente, focando nos resíduos sólidos orgânicos compostáveis, no Brasil; sustentabilidade; e a compostagem, como forma de gestão de resíduos passíveis desse tratamento. Toda essa abordagem teve como objetivo criar uma visão abrangente da questão dos resíduos sólidos, para, após, concentrar-se no objeto específico deste trabalho, que é a fração compostável dos resíduos sólidos e sua compostagem.

A apresentação do histórico da gestão de resíduos, em âmbito global, teve o intuito de mostrar como a humanidade tem se portado diante desse problema, desde a Antiguidade, até os dias de hoje. São descritas as diferentes trajetórias e formas de relacionamento que existiram com os resíduos, desde que a humanidade começou a se assentar em comunidades.

Particularmente, no século XIX, começa a ser observada uma visão mais sustentável, que se mostrou, na época, pouco viável economicamente, pela disponibilidade de outras formas de gestão, com menores custos. Isto causou uma migração de uma abordagem de cunho ambientalista, de volta a uma higienista, segundo a qual os resíduos devem ser integralmente afastados, não possuindo qualquer valor. Os danos da volta desse paradigma, em conjunto com o uso de materiais descartáveis, principalmente o plástico, em contraposição a materiais duráveis, conduziu aos atuais hábitos de geração e disposição de resíduos: de forma insustentável e em imensos volumes. Há, felizmente, a partir da década de 1980, uma nova transição, de retorno para uma abordagem ambientalista ou sustentável.

Quanto às definições, destaca-se algumas expressões que são muito importantes, nesta fase de transição em que se vive. Alguns termos de uso frequente, relacionados a resíduos sólidos deveriam ser modificados, para que haja uma real mudança na consciência e no comportamento das pessoas. Começando pelo próprio uso do termo **resíduos sólidos**, em substituição ao termo **lixo**, pois, apesar de possuírem semelhante significado, o primeiro remete a uma mudança de visão, já que muitos resíduos são hoje passíveis de tratamento, enquanto o segundo termo se confunde com o de rejeitos, ou seja, de resíduos que não são mais passíveis de tratamento e devem ter sua disposição conduzida, de forma ambientalmente adequada.

Outra diferença importante, quanto a termos comumente utilizados, é a relativa a **destinação** e **disposição** ambientalmente adequada. A destinação está relacionada a possíveis tratamentos, enquanto a disposição é o procedimento de distribuir os rejeitos em aterros, de forma tal que não gerem danos ou riscos à saúde e à segurança pública, assim diminuindo, ao máximo, a probabilidade de ocorrência de impactos ambientais adversos.

A seguir, foram apresentados os impactos, positivos e negativos, relacionados ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Considera-se, desde a sua colocação em via pública (com possível multiplicação de vetores); passando pelo transporte (associado a emissões de gases e externalidades); até os impactos possíveis de serem gerados em seus destinos. Neste particular, apresenta-se, para fins de comparação: o aterramento, a incineração e a compostagem.

É importante mencionar que nenhuma destinação pode ser considerada como absolutamente certa ou errada, mas que, cada uma poderá ser a mais adequada, de acordo com a matéria prima sendo considerada e os recursos disponíveis.

Rejeitos podem ser minimizados, mas ainda requererão um destino (aterro ou incineração). Os resíduos biodegradáveis podem ser compostados ou digeridos e, os recicláveis, podem servir como matéria prima para outras atividades. Assim, é de suma importância que os resíduos passíveis de tratamento sejam desviados dos aterros, ou de plantas de incineração, sendo destinados a um fim mais nobre, e evitando danos, de difícil reversão, ao meio ambiente.

Quanto às leis, normas e planos, verificou-se que elas são bem abrangentes e, neste trabalho, o enfoque da revisão bibliográfica esteve relacionado, particularmente, aos **resíduos orgânicos compostáveis**. Desta forma, poucos dos temas relacionados aos resíduos recicláveis secos, rejeitos, e mesmo os de origem diferente aos RSU, foram abordados com profundidade. A legislação a respeito do tema, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o PNRS, o PERS-RS e a Lei de Compostagem de Florianópolis, foi estudada, de tal modo que fosse possível avaliar instrumentos legais existentes no Brasil, que regem questões sobre os resíduos sólidos e sua compostagem.

Foi apresentado um pequeno diagnóstico da situação atual, relacionado ao estado-da-arte da gestão de resíduos no País. Pode-se notar a diferença entre o que as leis ditam e o que é feito: foi verificado que há pouquíssima reciclagem e compostagem e, ao menos, 24,38% dos resíduos ainda são dispostos inadequadamente, isto é, em aterros controlados e lixões.

A discussão sobre sustentabilidade apresentou, separadamente, o enfoque político e a prática da sustentabilidade. Sobre as questões políticas, foi feita uma cobertura histórica, desde o afloramento do tema, em discussões internacionais, até a atualidade. A ONU foi a principal promotora de encontros internacionais relacionados ao tema. Estas conferências garantiram alguns avanços, até a Rio 92, tornando-se menos significativos, desde então. Atribui-se isto à falta de comprometimento de alguns Estados com o equilíbrio ambiental, que afeta toda população mundial e, principalmente, as pessoas pobres. Nos últimos anos, pouca coisa mudou, pois as diretrizes traçadas são expressas de forma vaga, evitando possíveis cobranças a quem as descumprir. Sem uma mudança radical dos Estados-nação, frente à problemática ambiental e social, fica claro que nunca haverá um avanço significativo. Para que algo efetivo ocorra, será necessária uma troca de paradigma: da competição, para a cooperação.

Sobre as implicações práticas e preocupantes relativas à sustentabilidade, apresentou-se o conceito de Antropoceno, sendo assim designado o período em que as ações humanas, ou antrópicas, passaram a determinar impactos de tais dimensões, que já não podem ser absorvidos pela natureza, como ocorria até há

alguns séculos. Tais impactos são também referidos em sua relação com os conceitos de Era Paleotécnica, que segue padrões degenerativos, e de Era Neotécnica, que segue padrões regenerativos ou sustentáveis. Este último conceito está associado a ferramentas essenciais, para avançarmos em direção à sustentabilidade, com uma ampla abrangência de ações, com base na observação dos processos naturais, de modo a conceber e orientar o desenvolvimento de técnicas, que tornem bem mais brandos os impactos humanos sobre o ambiente.

Quanto aos métodos de compostagem, são explicitadas as características, vantagens e desvantagens de cada um dos métodos usualmente empregados: leiras estáticas, com aeração forçada e com aeração passiva; leiras com revolvimento; sistemas fechados; e vermicompostagem. As diferenças, em geral, ocorrem: nos custos de implementação; na área necessária para sua implantação; na complexidade dos métodos; e na necessidade, maior ou menor, de assessoria técnica.

Foram apresentados, por fim, exemplos nacionais e internacionais de projetos de compostagem bem-sucedidos, aplicados em diferentes escalas e empregando métodos diversos. No Brasil, tem-se observado uma proliferação de exemplos recentes de bem-sucedidas aplicações do método de compostagem, possivelmente em função das diretrizes políticas, datadas de 2010, que incentivaram o seu uso. Observa-se, porém, poucas efetivas ações governamentais. Nesse sentido, são em número muito reduzido os projetos estatais de compostagem, de pequena escala, voltados para bairros ou pequenos municípios, assim como, os de larga escala, para municípios de maior porte. Pode-se citar, como uma das exceções, o exemplo da cidade de São Paulo, com a implementação de diversas políticas públicas relacionadas com a compostagem. Internacionalmente, apresenta-se três importantes exemplos de como a compostagem pode gerar bons resultados, no desvio de resíduos, que antes seriam dispostos em aterros e, hoje, são reintegrados ao ciclo produtivo.

Em resumo, o presente capítulo teve o intuito de apresentar: um conjunto de informações fundamentais, de modo a constituir um embasamento suficiente para o entendimento da problemática dos resíduos sólidos e de sua compostagem; e quais poderiam ser as soluções mais adequadas, para cada situação.

Neste trabalho, em particular, é apresentada uma alternativa de solução, dentre várias outras, passíveis de aplicação em pequenos municípios, que foi focada na municipalidade de Feliz (RS).

4 MUNICÍPIO DE FELIZ (RS): CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM

O intuito deste capítulo é de apresentar: uma caracterização genérica do município de Feliz (RS); e um diagnóstico sobre o atual sistema de gestão dos resíduos sólidos nesta localidade (sendo esse o principal foco desta dissertação), no sentido de construção de proposições.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Feliz (RS). A decisão de construir um estudo nesta localidade foi orientada por três fatores:

- a) o potencial da municipalidade de abrigar um projeto que contribua para que ele alcance uma maior sustentabilidade, potencial esse relacionado ao fato de que alguns indicadores sociais, relacionados a trabalho, estudo e saúde, apresentam o município em boas colocações, tanto a nível estadual, como nacional;
- b) o fato de ser um Município com uma população pequena, o que facilita a realização do trabalho, já que mais facilmente possibilita o diálogo com a comunidade e a sua replicação, posteriormente, em municípios de população semelhante; e
- c) pelo número de estudos acadêmicos, desenvolvidos por alunos do Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (NORIE/UFRGS), na área de Edificações e Comunidades Sustentáveis, já realizados no município.

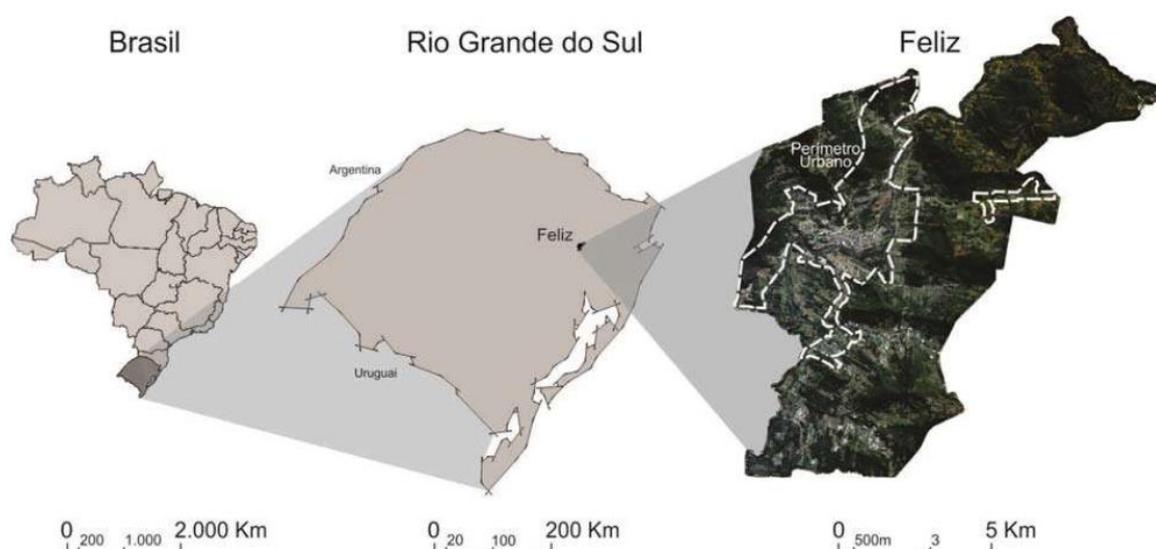
Esse item localiza o Município dentro do contexto estadual e federal, descreve brevemente a sua história, bem como sua composição, em termos populacionais, e dados sobre sua economia. São expostos, então, resumidamente, os trabalhos acadêmicos já realizados por alunos do NORIE e com foco neste Município.

4.1.1 Localização e história

A municipalidade está localizada no estado do Rio Grande do Sul (Figura 25), distando, aproximadamente, 85 km de Porto Alegre, a capital do Estado. Segundo a nova Divisão Regional do Brasil, de 2017, que substitui as anteriores meso e

microrregiões, por regiões intermediárias¹² e imediatas¹³, o Município está situado na região intermediária e imediata de Caxias do Sul (IBGE, 2017a). A sede do município possui uma longitude de 51°18'21,60" Oeste e uma latitude de 29°27'03,60" Sul, e a municipalidade possui uma área total de 95,37 km². A área rural do Município constitui 79,61% da área total (75,92 km²), enquanto a área urbana, apenas 20,39%, correspondendo a 19,45 km² (FELIZ, 2011 *apud* SOUZA, 2012, p. 76). Quanto às características hidrográficas, a municipalidade faz parte da Bacia do Rio Caí, tendo o rio seu curso passando em meio à Cidade (FELIZ, 2019a).

Figura 25 – Localização do município de Feliz, no Brasil e Rio Grande do Sul, e seus limites



(fonte: KUHN, 2014)

¹² “As Regiões Geográficas Intermediárias correspondem a uma escala intermediária entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas. Preferencialmente, buscou-se a delimitação das Regiões Geográficas Intermediárias, com a inclusão de Metrôpoles ou Capitais Regionais (REGIÕES..., 2008). Em alguns casos, principalmente onde não existiam Metrôpoles ou Capitais Regionais, foram utilizados centros urbanos de menor dimensão, que fossem representativos para o conjunto das Regiões Geográficas Imediatas, que compuseram as suas respectivas Regiões Geográficas Intermediárias” (IBGE, 2017a).

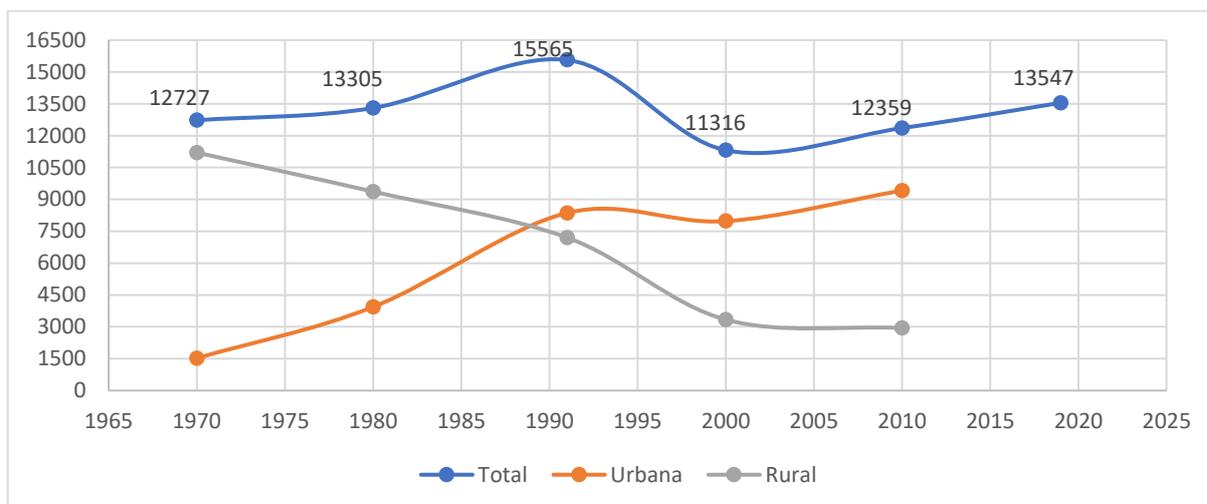
¹³ “As Regiões Geográficas Imediatas têm, na rede urbana, o seu principal elemento de referência. Essas regiões são estrutura[da]s a partir de centros urbanos próximos, para a satisfação das necessidades imediatas das populações, tais como: compras de bens de consumo duráveis e não duráveis; busca de trabalho; procura por serviços de saúde e educação; e prestação de serviços públicos, como postos de atendimento do Instituto Nacional do Seguro Social - INSS, do Ministério do Trabalho e de serviços judiciários, entre outros” (IBGE, 2017a).

A colonização no Vale do Caí, onde está situada a municipalidade de Feliz, ocorreu, principalmente, por alemães, iniciando-se em 1846. Estes imigrantes foram obrigados a ocupar tal local, de mais difícil acesso, pois as regiões de campanha já haviam sido ocupadas por portugueses. Em 1875, o local recebeu sua primeira denominação oficial: distrito de Santa Catarina da Feliz, estando localizado no município de São Sebastião do Caí (IBGE, 2017b). Segundo a Prefeitura Municipal: “Em 22 de dezembro de 1888, a então Picada Feliz, foi elevada à condição de Vila, passando então” a ser chamada de ‘Vila Feliz’ (FELIZ, 2019g). Após duas mudanças de denominação, ainda como distrito, em 1959, emancipou-se, tornando-se o Município de Feliz (IBGE, 2017b).

4.1.2 População e dados censitários

A população felizense, estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, para o ano de 2019, era de 13.547 pessoas (IBGE, 2019). Admitindo-se que a proporção da população urbana e rural continue sendo a mesma do Censo de 2010 (IBGE, 2010), aproximadamente, 10.321 pessoas (76,19%) vivem em áreas urbanas e 3.226 (23,8%), nas rurais, de acordo com sua classificação, segundo os critérios do IBGE. A evolução da população, desde 1970, é apresentada na Figura 26, na qual também é apresentada a população urbana e a rural da Cidade. Percebe-se que a população total diminuiu de forma acentuada entre 1991 e 2000. Pode-se observar que a diminuição ocorreu, principalmente, no tocante à população rural, que passou de 7.203 pessoas, para 3.341. Outro fato que se nota é a migração da população rural, predominantemente nas décadas de 1970 e 1980, para a área urbana.

Figura 26 – População do Município de Feliz (1970-2018)



(fonte: IBGE, 2010, 2019)

Conforme dados do município (FELIZ, 2019d), a população tem como principal origem étnica a alemã (70% da população), seguida da italiana (15%), e havendo algumas parcelas menores com nacionalidades austríaca, polonesa, portuguesa e suíça (15%).

Dados do IBGE (2017b), relacionados a trabalho e a rendimento, revelam: que o salário médio dos trabalhadores formais é de 2,10 salários mínimos; a população ocupada é de 34,80%, colocando o Município na posição 293, dentre os 5.570 municípios brasileiros; e, o percentual da população com rendimento nominal mensal, *per capita*, de até meio salário mínimo, é de 17,60%, colocando o município na posição de 5.534, se comparado com todos os municípios do País. Ou seja, apenas 36 municípios têm menos pessoas nessa situação. Tais estatísticas mostram que a população do Município não tem salários elevados, mas que, boa parte da população tem condições minimamente dignas de renda.

Com relação à educação, a taxa de escolarização, na faixa de idade entre 6 e 14 anos, é de 98,90% (718º no País); o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), para os anos iniciais do ensino fundamental, é 6,50 (1.037º, no total de municípios brasileiros); e o IDEB, para os anos finais do ensino fundamental, é de 5,50 (304ª posição), segundo o IBGE (2017b). O censo de 2010 (BRASIL, 2010a) apontou que Feliz era a cidade com menor índice de analfabetismo do Brasil, com apenas 0,90% de sua população sem a capacidade de ler e escrever.

Dados referentes à saúde, apresentados na Tabela 3 (comparativamente aos dados do Brasil, como um todo), mostram evoluções importantes em todos os dados. A expectativa de vida ao nascer aumentou em 5,10 anos, nas duas últimas décadas; a mortalidade infantil, por mil nascidos vivos, diminuiu em 3,60 mortes, em uma década; e a taxa de fecundidade total diminuiu em 1 filho, em dez anos. Com referência às habitações, 98,44% das moradias têm acesso a água encanada; e 99,89% são supridas com energia elétrica (ATLAS..., 2013).

O Município alcançou algumas marcas importantes nos últimos anos. Em 1998, Feliz foi identificada como tendo o maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), entre todos os municípios brasileiros, com o índice de 0,834 (GERCHMANN, 1999). O IDH leva em conta índices relacionados à educação, longevidade e renda. O cálculo sofreu mudanças metodológicas, em 2010 (ATLAS..., 2013):

- a) a média do IDH deixou de ser aritmética e passou a ser geométrica – o novo cálculo não permite que haja uma compensação de um índice, por outro;
- b) o cálculo dos índices mudou alguns parâmetros.

Tabela 3 - Longevidade, Mortalidade e Fecundidade: Município de Feliz (RS) e Brasil

Indicador	Feliz (RS)			Brasil
	1991	2000	2010	2010
Expectativa de vida ao nascer (anos)	70,7	73,6	75,8	73,9
Mortalidade infantil (por mil nascidos vivos)	17,7	16,1	12,5	16,7
Mortalidade, até 5 anos de idade (por mil nascidos vivos)	20,8	18,7	14,6	-
Taxa de fecundidade total (número médio de filhos que uma mulher tem, ao fim do seu período reprodutivo)	2,3	2,2	1,2	-

(fonte: ATLAS..., 2013)

Tais mudanças fizeram com que o município deixasse de ter o maior IDH do País, mas o manteve entre os 10% mais bem colocados, nos três últimos censos, como pode ser visto na Tabela 4 (ATLAS..., 2013).

Tabela 4 - IDHs do Município de Feliz, todos calculados segundo os critérios da nova metodologia

Ano	Posição no país	Posição no estado	IDH Municipal	IDH Renda	IDH Longevidade	IDH Educação
1991	144º	26º	0,563	0,683	0,761	0,343
2000	501º	106º	0,659	0,702	0,810	0,504
2010	551º	102º	0,750	0,758	0,847	0,658

(fonte: ATLAS..., 2013)

O Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), criado pelo Centro de Microeconomia Aplicada da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2014), que se baseia em cinco dimensões (habitação, renda, trabalho, saúde e segurança, e educação), indicou que, com base nos dados do censo de 2010, Feliz era a cidade com o maior índice (6,19), no estado do Rio Grande do Sul, e o quinto maior do País. O mesmo índice foi calculado com os resultados do censo de 2000, a fim de haver parâmetros de comparação, e a Cidade ficou em quadragésimo lugar no País e, em quinto no Estado, com 6,06, mostrando um avanço significativo em dez anos.

O Índice de Exclusão Social, que tem, como base, os censos, e considera sete indicadores (pobreza, emprego, desigualdade, alfabetização, escolaridade, juventude e violência), aponta a Cidade como a 11ª mais igualitária do País (GUERRA *et al.*, 2014 *apud* DESIDÉRIO, 2016; FELIZ, 2019g). Tais classificações mostram que a Cidade tem obtido bons resultados, no que se relaciona a políticas sociais e econômicas, e mostram que ela apresenta um grande potencial de mudanças positivas. Desta maneira, pode atuar como um propulsor para a sustentabilidade, não só social e economicamente, mas, também, quanto às questões ambientais.

4.1.3 Economia

Segundo a Prefeitura de Feliz (2019e), a economia do Município passou por uma transição, no período entre as décadas de 1980 e 1990. De uma economia baseada na agricultura, experimentou um crescimento em seu nível de industrialização. Segundo Gerchmann (1999), na década de 1990 houve a instalação de grandes fábricas, como a Antarctica e a Parmalat, alcançando, então, o ápice da industrialização municipal. Porém, as fábricas acabaram fechando, alegando

inviabilidade operacional. O resultado do fechamento das empresas foi a perda de 303 empregos industriais, além de uma baixa significativa no recolhimento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

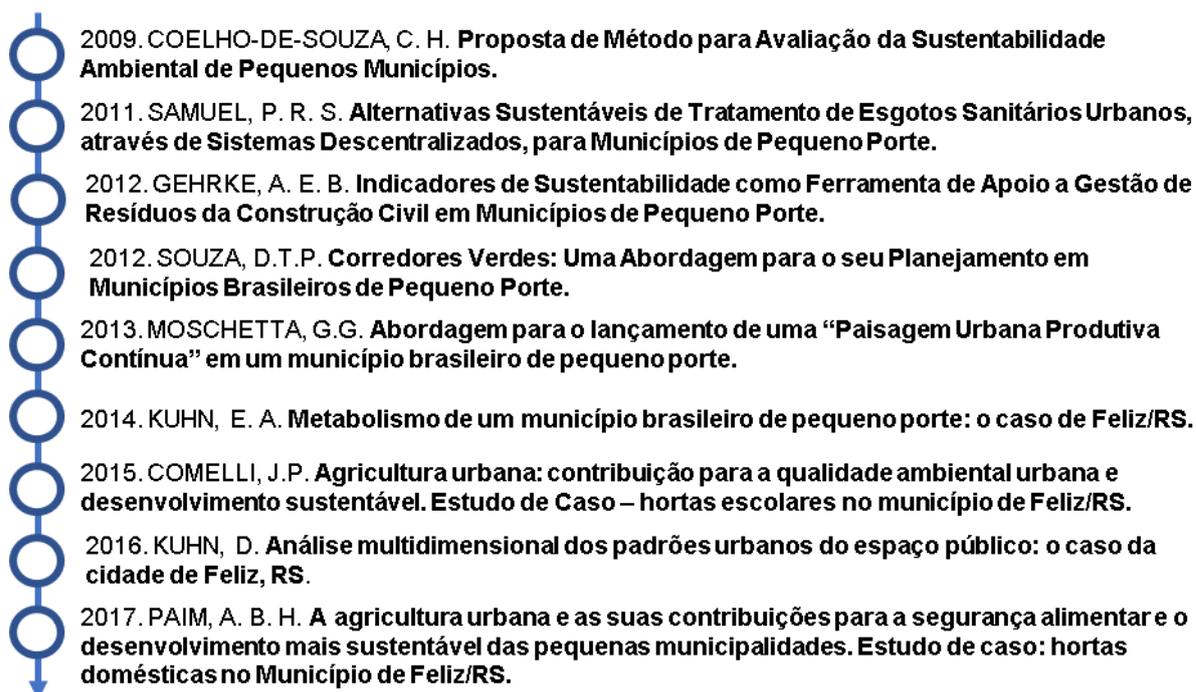
Em 2016, segundo a Prefeitura (FELIZ, 2019e), a agricultura respondia por 35,10% da movimentação econômica; a indústria, 32,55%; e, o comércio e serviços, 32,35%:

Na economia felizense, destacam-se indústrias do setor metal-mecânico, calçadista e moveleiro. As atividades do setor primário, principalmente com o cultivo de hortigranjeiros, com a avicultura e a suinocultura, também têm grande representatividade na economia municipal. Morango, figo, goiaba e amora-preta, entre outras olerícolas, são os principais produtos agrícolas.

4.1.4 Estudos prévios

Como mencionado anteriormente, a construção do presente trabalho soma-se a outros, focados na análise e em propostas para o Município. Um dos incentivos para estudar a municipalidade de Feliz, é o fato de que já existem estudos acadêmicos prévios, relacionados a propostas para que o local atinja maior sustentabilidade. A Figura 27 apresenta as dissertações e teses realizadas por alunos do NORIE/UFRGS, sob orientação do Professor Miguel Aloysio Sattler. O presente subitem explicará, brevemente, tais trabalhos e buscará mostrar qual o diálogo possível, entre o presente trabalho e os anteriores.

Figura 27 – Linha do tempo de trabalhos acadêmicos realizados previamente, relacionados ao município de Feliz



(fonte: elaborada pelo autor)

Para analisar a afinidade entre os diferentes temas estudados, as pesquisas realizadas serão elencadas, de acordo com o seu crescente grau de afinidade com o presente trabalho.

4.1.4.1 Descrição dos estudos realizados no NORIE/UFRGS

Coelho-de-Souza (2009, p. 7) calculou, fazendo uso de um método alternativo de avaliação por ela construído, com base na literatura, a Pegada Ecológica do Município. Segundo a autora, a ferramenta permite estimar “[...] o consumo de recursos e a capacidade de assimilação dos impactos gerados por uma determinada população ou economia”, constituindo, assim, “[...] um método de avaliação da sustentabilidade ambiental para pequenos municípios [...], [que pode ser] inserido no processo de elaboração de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano” (COELHO-DE-SOUZA, 2009, p. 7). A autora menciona que a ferramenta poderia ser utilizada como um indicador de sustentabilidade ambiental, de orientação ao processo de tomada de decisão.

O trabalho realizado por Souza (2012) é focado no planejamento urbano de municípios de pequeno porte, propondo a inserção de corredores verdes em territórios municipais, de modo a criar um maior contato, entre a população e os ecossistemas, e de facilitar a circulação da fauna, assim como um estímulo à propagação ampla da flora. O objetivo do trabalho foi a criação de “[...] uma abordagem, que auxilie no planejamento de uma rede de corredores verdes” (SOUZA, 2012, p. 6). A autora, com vistas a possibilitar a replicabilidade de ações semelhantes em outros municípios, sugere o emprego de três procedimentos fundamentais: utilização de dados de domínio público; criação de um procedimento de integração de dados simplificado; e a inclusão da população local no processo. Como produtos do trabalho, houve, tanto a construção da abordagem para o planejamento da rede de corredores verdes, quanto um planejamento direcionado para o Município de Feliz, construído com a participação da população.

Kuhn (2016) também faz uma análise relacionada ao planejamento urbano sustentável, avaliando parâmetros projetuais (também conhecidos como padrões) associados a espaços urbanos. Ela utiliza, como referências para a realização de seu trabalho, uma diversidade de estudos associados ao tema, todos alinhados em torno do desafio da busca por uma maior sustentabilidade espacial e ambiental. A autora identifica padrões que permitiriam, tanto um maior equilíbrio ecológico, quanto o pleno desenvolvimento humano, tentando contrapor uma dicotomia entre as duas diferentes abordagens. Neste processo, emprega o conceito de *layers*, com base em uma ampla revisão teórica, de modo a contemplar aspectos associados a:

- a) mobilidade sustentável;
- b) biodiversidade, vegetação urbana e produção de alimentos;
- c) água e drenagem urbana.

A intenção, no emprego das *layers*, foi de possibilitar a análise conjunta de temas distintos, mas complementares, propondo uma abordagem multidisciplinar no planejamento urbano. A autora, com base nas *layers*, analisou a situação da área central do Município de Feliz, propondo diretrizes que possam direcionar a área em análise para um futuro mais sustentável (KUHNS, 2016).

A pesquisa de Moschetta (2013) está, também, relacionada ao planejamento urbano sustentável e foi fundamentada no conceito de “Paisagem Urbana Produtiva Contínua”. Tal conceito de projeto propõe conciliar “[...] a produção de alimentos, uma mobilidade mais sustentável, o equilíbrio ecológico e o lazer da população” (MOSCHETTA, 2013, p. 5). O objetivo da autora foi de criar uma abordagem para a aplicação deste conceito no planejamento urbano de pequenos municípios brasileiros. Definida a forma de abordagem, ela a exemplificou, de forma prática, com a sua aplicação à cidade de Feliz, contando, inclusive, com etapas de avaliação, por parte da população e especialistas.

O estudo realizado por Comelli (2015) está relacionado a hortas escolares. A autora teve como objetivo “[...] a investigação e análise das experiências [...] [em] hortas escolares do município de Feliz, como uma ferramenta educativa para a difusão de conhecimentos sobre a prática da produção de alimentos no meio urbano” (COMELLI, 2015, p. 7). A autora, por meio de revisão bibliográfica, mostrou os diversos desafios as serem superados na implantação de propostas de agricultura urbana (AU). Por meio de estudos de caso desenvolvidos junto a algumas escolas do Município, ela busca mostrar o impacto positivo que a implantação de hortas no meio urbano pode determinar: nos alunos; nas suas famílias; e, como decorrência, na própria comunidade. O estudo, portanto, mostra a importância de práticas do gênero, em escolas, e, particularmente, junto a alunos de ensino fundamental, como um vetor para a propagação do conhecimento e de atitudes mais sustentáveis.

Paim (2017) também desenvolve uma pesquisa associada à AU. Focando em hortas domésticas, ela avalia as contribuições de tal prática para a segurança alimentar e para o desenvolvimento sustentável de pequenos municípios. Na visão da autora, a AU gera “[...] o acesso equitativo a alimentos mais saudáveis e [a] [...] preços mais acessíveis” (PAIM, 2017, p. 5), reduzindo os impactos ambientais advindos dos produtos da agricultura industrial convencional. A pesquisa foi fundamentada em uma revisão bibliográfica ampla sobre o assunto, fazendo referência a exemplos nacionais e internacionais, em paralelo com um estudo de caso, contemplando diversas hortas domésticas, localizadas na área central do Município de Feliz, onde avaliou, tanto práticas locais, como a possibilidade de novas iniciativas.

Já, o tema estudado por Kuhn (2014), em sua tese de doutorado, foi relacionado ao metabolismo urbano, analisando, basicamente, tudo o que entra, é estocado e sai de um município. A autora identificou que a Análise de Fluxos de Materiais (AFM) é um dos métodos correntes de contabilizar os fluxos de matéria e energia, em diversas escalas de intervenção, no ambiente construído, inclusive na de um município inteiro. A autora também identificou que a AFM vem sendo utilizada, de forma recorrente, em cidades e municípios, não conseguindo identificar qualquer aplicação prévia do método no Brasil. O objetivo do seu trabalho foi de realizar “[...] a caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte (MBPP)” (KUHNS, 2014, p. 7). Para atingir tal objetivo, a autora realizou uma ampla revisão de literatura, buscando identificar métodos para a caracterização de fluxos de materiais e energia. A aplicação dos métodos ao município de Feliz demonstrou um alto consumo de materiais, resultado que não a surpreendeu, em função de o Município ter uma economia baseada na produção primária e secundária. A autora conclui que a AFM tem um alto potencial de aplicação, em casos em que se busca a avaliação de sustentabilidade ambiental.

Samuel (2011), por sua vez, realizou uma pesquisa relacionada ao saneamento básico do Município, especificamente sobre o sistema de gestão de resíduos líquidos. Uma vez identificadas as carências e limitações locais, o objetivo do seu trabalho foi de propor um conjunto de sistemas alternativos de tratamento de esgotos sanitários, para a área urbana da municipalidade de Feliz. O autor realizou um diagnóstico do sistema de coleta e tratamento dos esgotos, na área urbana da Cidade, e avaliou as limitações do sistema e os impactos determinados, particularmente sobre o Rio Caí, que divide a cidade. A partir disso, propôs um sistema descentralizado, com propostas alternativas e complementares, para o tratamento de águas residuárias, para que os eventuais lançamentos realizados no curso d’água local (Rio Caí) se mantivessem dentro dos limites permitidos pela legislação. A proposta incluiu diferentes alternativas, de acordo com as características de cada bairro: *wetlands*, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, em conjunto com filtros anaeróbios e tanques sépticos, seguido de infiltração. As emissões do Município, com a implementação do sistema descentralizado, estariam ajustadas às demandas da legislação, mas os parâmetros do curso d’água

ainda não seriam adequados para tal, pois as contribuições, à montante da municipalidade, com origem na bacia hidrográfica, por si só, já são muito elevadas.

A pesquisa realizada por Gehrke (2012), por sua vez, teve seu foco nos resíduos da construção civil (RCC). O seu objetivo foi de “[...] desenvolver indicadores de sustentabilidade para a avaliação da gestão de RCC, em municípios de pequeno porte, a fim de [...] analisar a situação destes e [...] [auxiliar aos gestores locais] no processo de decisão, [...] [no seu direcionamento] a alternativas mais sustentáveis” (GEHRKE, 2012, p. 7). A autora fez um estudo exploratório em três municípios da região do Vale do Caí. Após esta etapa, desenvolveu uma ferramenta que possibilita a caracterização de indicadores relacionados a resíduos, com base, também, na legislação brasileira e em diretrizes sustentáveis para o manejo dos RCC. A ferramenta foi, então, utilizada para diagnóstico da situação do município de Feliz. A partir dos resultados, foram adicionadas adequações, de modo a obter a ferramenta final. A autora considera que a ferramenta teve resultados condizentes com a realidade e tem potencial de contribuir para a conscientização daqueles envolvidos no processo, no sentido de direcionar suas ações para um desenvolvimento mais sustentável de suas comunidades.

4.1.4.2 Relações entre os estudos prévios e esta dissertação

Todos os trabalhos geraram contribuições para que, se aplicados, o Município avance ainda mais em direção à sustentabilidade. Apesar da diversidade de temas estudados, nota-se um diálogo importante entre todos. A presente pesquisa busca contribuir no mesmo sentido, da busca da sustentabilidade para o município de Feliz e, de alguma forma, alinha-se com todos os demais trabalhos.

Relacionado à Pegada Ecológica, abordada por Coelho-de-Souza (2009), este trabalho propõe reduzir o transporte dos resíduos orgânicos compostáveis para outros municípios. Isto evita a disposição de resíduos que, em sua decomposição anaeróbia, ocorrente em aterros, gerem gases de efeito estufa. A separação dos resíduos na fonte, conforme suas características, possibilitará aumentar a qualidade de cada fração coletada, de modo a contribuir para a diminuição da destinação de resíduos

recicláveis a aterros. Isto resultará na redução de áreas ocupadas para tal fim, menos emissões e diminuição, portanto, da quantidade de rejeitos.

Quanto às pesquisas relacionadas ao planejamento urbano, todas apresentam, em comum, questões relacionadas à vegetação urbana. Moschetta (2013), Comelli (2015), Kuhn (2016) e Paim (2017) incluem, em seus estudos, aspectos relacionados à produção de alimentos na Cidade, que também se constitui em um aspecto central no presente estudo. Nesta mesma direção, os fertilizantes obtidos pelo processo de compostagem poderiam ser aplicados, tanto para o estímulo ao desenvolvimento da vegetação urbana, de forma geral, quanto da agricultura urbana, fechando o ciclo orgânico: alimentos, resíduos e composto. Nos levantamentos realizados por Paim (2017) e Comelli (2015), verifica-se que a prática de compostagem já vem sendo executada, mesmo que de forma rudimentar, em domicílios e nas escolas, com a finalidade de uso em hortas.

A presente pesquisa propõe, neste sentido, que os resíduos orgânicos compostáveis, que hoje são destinados a um aterro sanitário, sejam compostados e aplicados no próprio Município, não transferindo para outras municipalidades a responsabilidade da gestão de resíduos causadores de danos ao ambiente, quando estes poderiam ser amenizados, localmente, com uma prática dessa natureza. Tal prática, de envio de resíduos para aterros sanitários, foi analisada por Kuhn (2014), e classificada, em seu trabalho, como uma “saída para a natureza exterior”, que seria, assim, reduzida ou evitada totalmente.

O trabalho de Samuel (2011), que teve um propósito muito semelhante ao da presente pesquisa, propõe uma alternativa mais sustentável para a gestão dos resíduos líquidos gerados na municipalidade. Contribuindo para o saneamento básico do Município, as soluções propostas nestes dois trabalhos, são complementares, pois pretendem, tanto preservar a saúde da população, como do ambiente natural.

A pesquisa de Gehrke (2012), que teve o propósito de desenvolver uma proposta para o gerenciamento de RCC no Município, soma-se ao presente estudo, ao propor: analisar a forma e locais de disposição de tais resíduos, bem como por ter o intuito de estabelecer um diálogo educativo com os gestores.

4.2 RESÍDUOS SÓLIDOS NO LOCAL DE ESTUDO

O presente item apresenta um diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no município de Feliz, particularmente dos resíduos domésticos, assim como metas constantes no Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB) e algumas alternativas para atingi-las.

4.2.1 Diagnóstico da situação

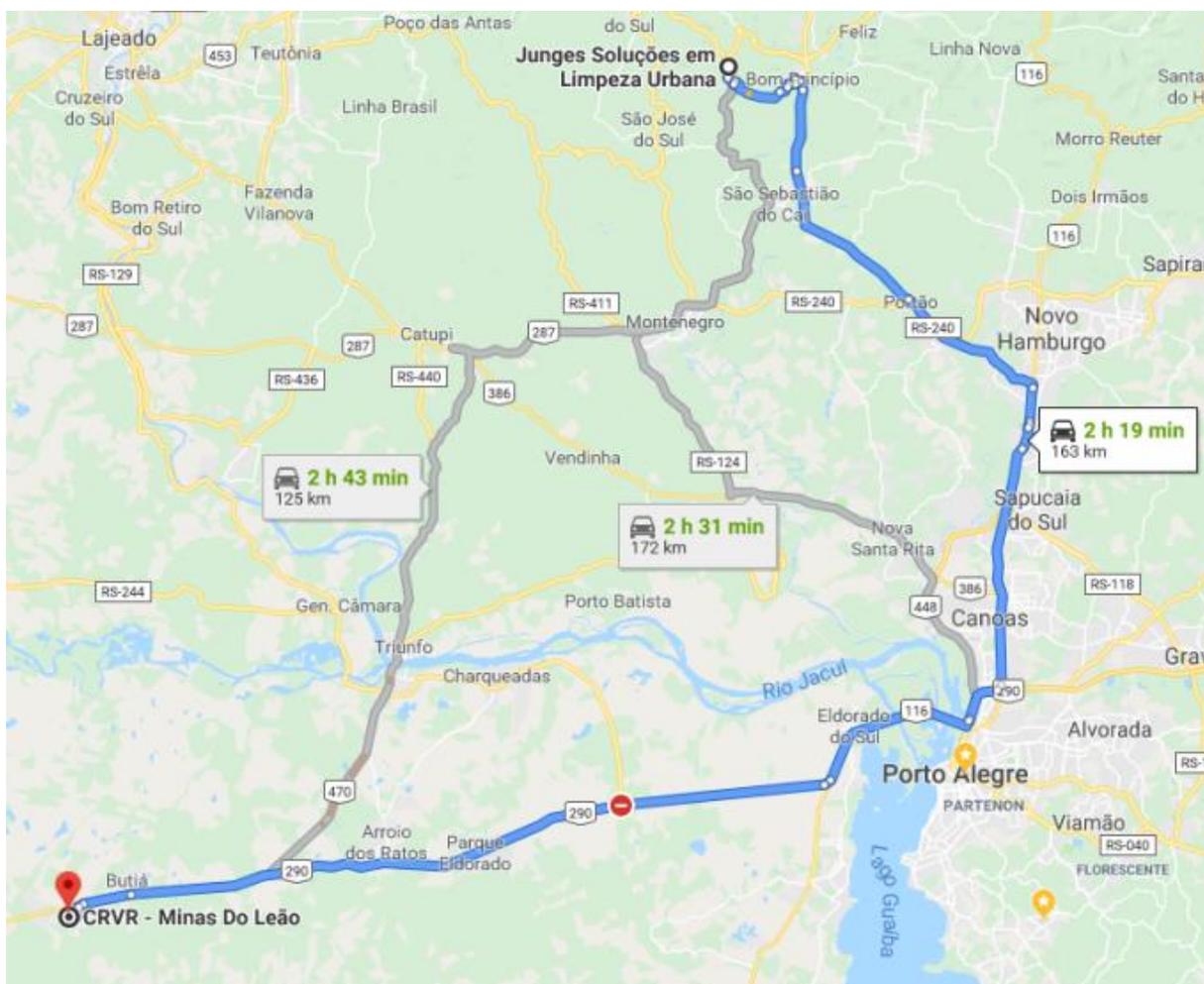
O gerenciamento de resíduos era realizado pela Prefeitura Municipal, até a década de 1990. Os resíduos eram coletados e dispostos em um aterro localizado no próprio Município. Porém, esse aterro não seguia as técnicas de Engenharia recomendadas para aterros sanitários (no que concerne, por exemplo, à impermeabilização do solo, coleta de líquidos e gases, e monitoramento de poluição), sendo os resíduos depositados em um solo não-compactado e, posteriormente, recobertos com argila. O aterro, atualmente desativado, deixou um passivo ambiental para a Cidade: o local não foi alvo de qualquer ação que objetivasse a sua recuperação e os resíduos seguem depositados no local. A vegetação se desenvolveu no entorno e sobre os resíduos, e não há nenhuma proteção, ou sinalização, para que não haja acesso da população ao local (FELIZ, 2012).

Atualmente, a coleta de resíduos, no município de Feliz, é feita por uma empresa contratada, por meio de licitação, pela Administração Municipal. Há a coleta seletiva e a coleta do “lixo orgânico” (resíduos orgânicos de fácil biodegradação e rejeitos). A primeira – a coleta seletiva - ocorre duas vezes por semana, na área central, e uma vez por semana, em cada localidade do interior do município. A coleta orgânica ocorre três vezes por semana, mas apenas na área central da cidade (FELIZ, 2019b).

A sede da empresa de coleta, para onde é direcionado e ocorre o transbordo de todos os resíduos, e a triagem e recuperação dos resíduos recicláveis, está localizada em Tupandi (RS), a 18,80 km de Feliz (RS). Após o transbordo, os rejeitos são transportados para o aterro sanitário, que se localiza na cidade de Minas do Leão (RS), a 125 km da sede dessa empresa (FELIZ, 2012). Este aterro está sob a administração da Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos (CRVR). Os

possíveis trajetos para o transporte dos resíduos, desde Tupandi, até o aterro, em Minas do Leão, são apresentados na Figura 28.

Figura 28 – Trajeto dos resíduos, da estação de transbordo, até o CRVR



(fonte: GOOGLE MAPS, 2019)

É importante ressaltar que a municipalidade instituiu, desde 1994, a partir da Lei Ordinária nº 1.071 (FELIZ, 1994), a cobrança de “taxa de lixo”, quando essa foi instituída, em separado da “taxa de serviços urbanos”, que incluía, além da coleta de resíduos, outros serviços. Atualmente, o seu valor é definido de acordo com: local de coleta (rural ou urbana); existência de edificação; e uso dado ao imóvel (comercial, residencial, etc.). A cobrança é realizada conjuntamente ao Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU (FELIZ, 2019c). Essa forma de cobrança já é um grande avanço, em comparação ao que ocorre em outros municípios, já que a taxa é cobrada

e destinada somente para cobrir as despesas associadas à coleta e transporte dos resíduos.

Segundo o Relatório Final do Município, que inclui sua Política de Saneamento Básico Local e o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (FELIZ, 2012), algumas medidas foram instituídas para a conscientização da população sobre como lidar com os resíduos. Houve a distribuição de folders explicativos, nos quais eram esclarecidos “[...] os dias em que cada uma das coletas é realizada em cada bairro; como separar o lixo corretamente; e regras básicas de limpeza urbana, como: só colocar o lixo na calçada, nos dias em que há a coleta”. Adicionalmente, eram veiculadas periodicamente, nos jornais locais, notícias abordando questões relativas a resíduos sólidos. Entretanto, não havia, nem articulação entre tais ações, com as de educação ambiental, nem uma avaliação de seus impactos.

Quanto aos resíduos domésticos, a coleta da parcela dos resíduos “orgânicos”, ocorre na zona urbana do Município, abrangendo sete bairros¹⁴. Em seis desses bairros, a coleta ocorre, ao menos, duas vezes por semana, e, em alguns, três vezes. A exceção é o bairro Centro, onde a coleta é realizada quatro vezes por semana. Já, a coleta seletiva acontece, tanto na zona urbana, quanto na rural, abrangendo 100% da população. A Figura 29 apresenta o cronograma de coleta de resíduos.

¹⁴ A coleta da parcela de resíduos “orgânicos” (dos domésticos), ocorre nos seguintes bairros: Centro, Vila Rica, Matiel, Loteamento Popular, Vale do Hermes, Bela Vista e Colina (em caso de haver interesse quanto à sua localização, o Anexo A apresenta o mapa dos bairros do Município).

Figura 29 – Cronograma de Coleta Seletiva

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Lixo Seco	Interior RS 452 (até a divisa com Vale Real, Loteamento Encosta da Serra, Morro Belo, Picão (em direção à RS 452), Bom Fim, Vila Britz, Morro das Batatas e Arroio Feliz.	Centro, Vila Rica, Loteamento Picada Cará, Matiel (até a saibreira), Colina, Vale do Hermes e Bela Vista.	Interior Escadinhas, Canto Christ, Sobra da Bela Vista, Roncador, Vale do Lobo, Canto do Rio e Morro Grande.	Centro, Vila Rica, Matiel (até a saibreira), Colina, Vale do Hermes e Bela Vista.	Interior Picada Cará, São Roque, Nova Caxias, Bananal, Linha Temerária, Canto Port, Canto Chuchu, Loteamento Picada Cará e Coqueiral.
Lixo Orgânico	Centro, Vila Rica, Matiel (até a saibreira), Loteamento Popular, Bela Vista e Colina.		Centro, Vila Rica, Vale do Hermes, Bela Vista e Colina.		Centro, Vila Rica, Matiel (até a saibreira), Loteamento Popular, Vale do Hermes, Bela Vista e Colina.

Sábado: coleta de lixo orgânico na área central do município, no quadrante compreendido pela Av. Voluntários da Pátria até a RS 452 e Rua Frau Wiederkehr até Mathias Simon.

(fonte: FELIZ, 2019b)

Em 2017, foi implementada a utilização de contêineres para a coleta de resíduos nos bairros Centro e Vila Rica. Foram instalados 160 recipientes. Houve um investimento de R\$ 316.160,00, estimando-se que o retorno econômico de tal iniciativa resulte em uma economia anual de R\$ 70.000,00. Tal economia será utilizada para a expansão da utilização de contêineres para o restante do Município. Os contêineres podem receber os resíduos em qualquer dia da semana, já que eles ficam fora do alcance de animais. Com o procedimento, adicionalmente, reduz-se o risco de propagação de doenças, além de manter a Cidade mais limpa. Além disso, os contêineres têm adesivos, com ilustrações do que pode ser neles depositado, tanto em termos de recicláveis, quanto de resíduos orgânicos e rejeitos (Figura 30), sendo esse mais um mecanismo de educação ambiental (FELIZ, 2019f).

Figura 30 – Modelos de contêineres e respectivos adesivos



(fonte: FELIZ, 2019f)

A gestão de outros tipos de resíduos é de responsabilidade de órgãos ligados à Prefeitura Municipal. Os serviços de capina são de responsabilidade da Secretaria de Obras e, os de roçada e podas de árvores, da Secretaria Geral de Gestão Pública, no Departamento de Meio Ambiente (FELIZ, 2012). Tais serviços são efetuados a partir de demandas, não sendo realizados com uma frequência regular (CHAVES, 2019). Os resíduos assim coletados eram dispostos, inicialmente, em uma antiga cava de extração de argila (FELIZ, 2012, p. 78):

O local não é cercado, nem possui nenhum tipo de vigilância, ou sinalização de que ali seja um depósito de resíduos de podas. A única placa encontrada no local possui um alerta à população de que naquele local é proibido jogar lixo. Entretanto, essa placa não tem surtido o efeito de inibir a população, pois [...] é comum encontrar diversos tipos de resíduos dispostos irregularmente naquele local, principalmente resíduos oriundos da construção civil.

Atualmente, a gestão dos resíduos vegetais de poda, roçada e capina são de responsabilidade da Secretaria de Obras. Eles são depositados em um local “próximo à própria Secretaria”, nas sextas-feiras, não havendo controle das quantidades geradas (CHAVES, 2020).

O Município não contava com serviços de coleta de resíduos especiais, até 2012, segundo Relatório do Município de Feliz (2012). Porém, a partir de 2019, segundo Chaves (2019), passou a contar com:

- a) locais para disposição de pilhas: em dois pontos da cidade: hall de entrada da Prefeitura, e no Posto de Saúde, do Centro;
- b) recolhimento de lâmpadas fluorescentes: em dias específicos, em frente à Prefeitura, sob responsabilidade de uma empresa;
- c) recolhimento de eletrônicos (computadores e acessórios, notebooks, impressoras, celulares, televisões, monitores, videocassetes, placas eletrônicas diversas e equipamentos de rede, estabilizadores e nobreaks): em frente à Prefeitura, também, em dias específicos.

A coleta de RCCs não é realizada, nem pela iniciativa privada local, nem pelo Poder Público. Em consequência disto, há o descarte irregular desses, em alguns locais da Cidade (FELIZ, 2012). Gehrke (2012), no seu trabalho sobre o descarte de RCCs, no Município, como citado anteriormente, fez um diagnóstico mais profundo, aplicando indicadores criados pela própria autora (Figura 31). A análise da autora mostra uma situação preocupante, em relação aos RCCs.

Figura 31 – Síntese do resultado da aplicação dos indicadores de sustentabilidade na gestão de RCC, no município de Feliz

Dimensão	Indicador	Situação de tendência ao desenvolvimento sustentável
Técnica/ operacional	População atendida pelos serviços de disposição de RCC	 DESFAVORÁVEL
	Segregação dos resíduos de construção civil na coleta	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Quantidade de material reciclado, por material recolhido	 MUITO DESFAVORÁVEL
	RCC de Classe A não reciclado, destinado a aterros específicos apropriados	 MUITO DESFAVORÁVEL
Ambiental	Obrigatoriedade de projeto de gestão de RCC em novas obras de construção civil	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Aterros para inertes e instalações de tratamento de RCC, com licença ambiental e de operação	 DESFAVORÁVEL
	Áreas de deposições irregulares de RCC sujeitas à recuperação	 DESFAVORÁVEL
Socioeconômica	Programas de orientação técnica e educação ambiental específica para RCC, pela prefeitura	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Participação da comunidade no processo de decisões e fiscalização	 FAVORÁVEL
	Controle dos trabalhadores informais no manejo de RCC	 MUITO DESFAVORÁVEL
Institucional	Grau de institucionalidade da gestão de RCC	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Contratações de serviços de manejo de RCC realizadas através de licitações	 FAVORÁVEL

Continua

continuação

Dimensão	Indicador	Situação de tendência ao desenvolvimento sustentável
Política/ Legal	Legislação referente a gestão de RCC orientada para o longo prazo	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Programa de monitoramento e avaliação do desempenho da gestão de RCC	 MUITO DESFAVORÁVEL
	Ações fiscalizatórias, relacionadas à gestão de RCC, promovidas pelo poder público municipal	 DESFAVORÁVEL

(fonte: adaptado de GEHRKE, 2012)

Por sua vez, a coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos de Serviços de Saúde são feitos por empresa especializada, e fiscalizados pela Secretaria Municipal de Saúde (FELIZ, 2012).

4.2.2 Dados quantitativos

Neste item, são abordados dados quantitativos, relacionados à coleta de resíduos no Município. O diagnóstico, realizado pela municipalidade, apresenta dados mensais, discriminados entre coleta orgânica e coleta seletiva (Tabela 5), em 2010 e 2011 (FELIZ, 2012). Há a interpretação de que a quantidade de resíduos “orgânicos” e seletivos seja muito semelhante, próximo de 50% cada, pelo fato de que não há a coleta de orgânicos na zona rural, pois nesses locais os resíduos biodegradáveis poderiam ter um fim mais nobre, como o uso direto, como adubo ou a compostagem (CHAVES, 2019). Além disso, é possível inferir que, na zona rural, haja a disposição, por parte da população, de rejeitos e orgânicos junto aos resíduos seletivos, visto que só há a coleta de “secos”, em tais áreas. Tal fato influencia na contaminação dos resíduos, que poderiam ser reciclados, de modo a aumentar a eficiência do sistema.

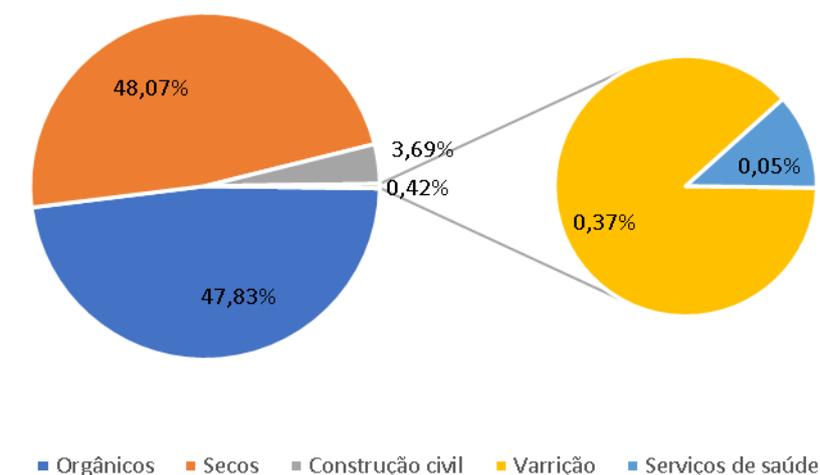
A caracterização dos resíduos gerados, associados a cada tipo de coleta, é apresentada na Figura 32. No ano de 2010, houve a geração de: “[...] 9 toneladas de resíduos de varrição, 90 toneladas de resíduos da construção civil (que não possuem destinação adequada) e 1,2 toneladas de resíduos de serviços de saúde” (FELIZ, 2012, p. 72).

Tabela 5 - Quantidades coletadas, em 2010/2011

Mês	Resíduos orgânicos (t)	Resíduos seletivos (t)	Total (t)	Mês	Resíduos orgânicos (t)	Resíduos seletivos (t)	Total (t)
jan/10	96,6	97,6	194,2	jan/11	97,4	94,9	192,3
fev/10	101,3	105,0	206,3	fev/11	98,1	95,1	193,2
mar/10	96,6	97,6	194,2	mar/11	105,7	92,6	198,3
abr/10	96,6	97,6	194,2	abr/11	102,2	85,2	187,4
maio/10	96,6	97,3	193,9	mai/11	98,6	81,3	179,9
jun/10	96,4	97,6	194,0	jun/11	103,6	75,6	179,2
jul/10	96,8	97,6	194,4	jul/11	99,0	82,7	181,7
ago/10	96,6	97,6	194,2	ago/11	97,6	82,4	180,0
set/10	96,8	97,6	194,4	set/11	119,0	67,0	186,0
out/10	97,5	96,6	194,1	out/11	91,0	84,1	175,1
nov/10	98,0	95,7	193,7	nov/11	94,8	90,2	185,0
dez/10	98,3	95,9	194,2				
total	1168,1	1173,7	2341,8	total	1107,0	931,1	2038,1

(fonte: adaptado de FELIZ, 2012)

Figura 32 – Caracterização média dos resíduos gerados no Município de Feliz, durante o ano de 2010



(fonte: FELIZ, 2012)

Em 2011, a empresa responsável pela coleta fez a caracterização dos resíduos recuperados por ela, como resultado da coleta seletiva do Município (Tabela 6).

Segundo o Relatório da Prefeitura, 55% dos resíduos coletados foram recuperados (FELIZ, 2012).

Tabela 6 - Caracterização dos materiais recuperados para a reciclagem, no ano de 2010, no município de Feliz

Tipo de material	Quantidade recuperada (t)	Porcentagem entre recuperados	Porcentagem do total coletado
Papel/ Papelaão	194,4	30%	17%
Plástico	162,0	25%	14%
Metais	129,6	20%	11%
Vidro	64,8	10%	6%
Outros	97,2	15%	8%
Total	648,0	100%	55%

(fonte: adaptado de FELIZ, 2012)

A partir de contatos efetuados por e-mail com a Agente Administrativa, Greice Chaves, locada no Departamento de Meio Ambiente, foram disponibilizados dados mais recentes de coleta, no município (CHAVES, 2019). Tais dados identificam as quantidades (em toneladas, por mês) dos seguintes tipos de resíduos: coletado, reciclado, “bota-fora” e destinadas ao aterro. A Agente Administrativa esclarece, ainda, que o bota-fora é “uma coleta específica para a população, que ocorre sempre na primeira quinta-feira de cada mês, e que recolhe materiais, como: móveis velhos, eletrodomésticos, etc.”. Tais resíduos passam por triagem, sendo, em parte, reciclados e o restante, disposto em aterro.

Os dados fornecidos apresentam uma grande variabilidade. Por isso, decidiu-se pela apresentação, na Tabela 7, apenas daqueles relativos às quantidades geradas nos anos de 2018, 2019 e 2020, sendo que, deste último ano, os dados se referem somente até o mês de fevereiro. Os dados completos, de maio de 2016, a fevereiro de 2020, estão no Apêndice B (Tabela B 1 e Tabela B 2). Nota-se que houve uma mudança importante nas quantidades, a partir de abril de 2018, com uma diminuição sensível na quantidade total de resíduos coletados, e uma grande variação, a cada mês, nos reciclados. Segundo o Gestor Ambiental da Empresa de Coleta e

Destinação: os quantitativos das massas coletadas, até então, eram feitos a partir dos dados totais coletados, nos municípios atendidos pela Empresa (porcentagem do que é disposto e reciclado), o que explica a grande variabilidade dos dados apresentados (FLACH, 2019).

Tabela 7 - Quantidade de resíduos coletados (t/mês)

Data	Total (t)	Reciclado(t)	Bota-fora (t)	Disposto em aterro (t)
jan/18	243,6	61,22	10,8	171,08
fev/18	244,7	69,54	11,5	162,86
mar/18	245,1	69,54	10,6	146,94
abr/18	222,02	46,54	16,6	238,62
mai/18	221,5	16,02	11,4	194,08
jun/18	198,1	36,62	11,1	149,58
jul/18	199,3	21,99	11,8	190,21
ago/18	196,3	21,86	10,6	173,14
set/18	191,5	18,18	11,8	160,62
out/18	192,5	22,37	10,9	158,53
nov/18	193,2	36,94	11,6	143,76
dez/18	187,1	37,49	10,8	137,71
jan/19	185,3	44,78	11,2	128,42
fev/19	185,3	36,74	11,8	135,96
mar/19	193,5	15,79	10,4	166,41
abr/19	189,3	56,29	10,9	121,21
mai/19	192,3	30,9	11,6	148,7
jun/19	194,6	14,3	10,2	179,5
jul/19	197,3	13,45	11,7	171,45
ago/19	194,2	37,63	11,7	155,67
set/19	196,3	24,55	10,4	160,65
out/19	237,84	90,91	5,47	146,23
nov/19	224,43	59,5	13,58	164,03
dez/19	235,32	48,51	7,57	178,44
jan/20	238,1	66,3	5,98	164,79
fev/20	203,12	89,8	4,53	107,99

(fonte: adaptado de CHAVES, 2020)

A partir de setembro de 2019, iniciou a operação de uma balança, no centro de transbordo e triagem, na cidade de Tupandi (RS). A instalação da balança iniciou em julho de 2019 (Figura 33), e a quantidade total coletada é informada, sem discriminação entre “secos” e “orgânicos”. O valor pago ao prestador de serviços é constante, independente da massa coletada. O contrato é feito com base em

pesagens realizadas durante o mês prévio à contratação. Dentre os gastos da Empresa que presta o serviço, está o custo da disposição em aterro, que é de R\$ 101,95, por tonelada (FLACH, 2019).

Figura 33 – Balança em fase de instalação, em julho de 2019



(fonte: foto do autor)

Tendo ocorrido, em setembro de 2019, o início da operação da balança, os dados de quantitativos associados à coleta, a partir de outubro, passam a ser mais precisos (FLACH, 2019). Apesar de os dados disponíveis serem relativos a menos de um ano, foram utilizados, no presente trabalho, os dados da Tabela 7. A média mensal da massa de resíduos coletados, nesse período de cinco meses, foi de 227,76 toneladas, com um custo de R\$ 284,78, por tonelada tratada ou disposta.

Segundo os dados coletados no Portal da Transparência de Feliz (2020b), em 2019 foram gastos R\$ 778.346,40, com a coleta de resíduos. O valor arrecadado com a taxa para este tipo de serviço, no mesmo ano, foi de R\$ 782.261,87 (FELIZ, 2020a). Portanto, a arrecadação foi R\$ 3.915,47 maior que o gasto, representando 0,50% do arrecadado.

Algumas caracterizações dos resíduos das coletas seletivas e orgânicas foram disponibilizadas, porém, os dados são muito variáveis, incompletos e não seguiram as normas requeridas para este fim. Por isto, decidiu-se por não utilizar essas caracterizações, quando foram feitas as proposições para o gerenciamento de resíduos do Município. A empresa que realiza a coleta, tratamento e disposição, colocou-se à disposição para que se pudesse fazer a amostragem dos resíduos, tendo isto sido feito e é apresentado mais adiante, neste trabalho.

4.2.3 Metas e alternativas para o seu cumprimento

As metas estipuladas no PMISB do município de Feliz foram construídas com base no Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), de 2008, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e no diagnóstico do próprio Plano, segundo Feliz (2012):

- a) 100% de coleta domiciliar, em 2020;
- b) 66% de coleta rural, em 2020;
- c) 35% dos resíduos orgânicos compostados, em 2032; e
- d) 100% de coleta seletiva, em 2032.

É importante notar que apenas a terceira meta ainda não havia sido atingida, na ocasião da publicação do PMISB de Feliz. O PMISB não inclui as metas do PNRS (BRASIL, 2012), para os RSU da Região Sul do País (ver Quadro 2), provavelmente porque, como já comentado anteriormente, ele não foi publicado como decreto. As metas seriam (BRASIL, 2012, p. 84-86):

- a) eliminação total dos lixões, até 2014;
- b) 100% das áreas de lixões reabilitadas, em 2031 (com metas progressivas);
- c) 60% de redução dos resíduos recicláveis secos e resíduos úmidos dispostos em aterros, em 2031;
- d) recuperação de gases de aterros sanitários; e
- e) fortalecimento e inclusão das organizações de catadores.

O diagnóstico, constante no documento da Prefeitura Municipal de Feliz, refere que a situação dos resíduos no município “[...] se constitui de uma base legal e de ações públicas consistentes”. São identificadas, porém, algumas exceções, como a não

existência de: Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos, legislação relacionada a resíduos especiais e aos RCC, e programa de educação ambiental (FELIZ, 2012).

Considerando-se que o foco principal da presente pesquisa está relacionado aos resíduos domésticos, são as metas a eles relacionadas, no Plano do Município, que são detalhadas. Segundo o PMISB do Município, se forem seguidas as tendências econômicas de crescimento, que aconteceram no período prévio ao estudo, haveria um aumento no consumo e, conseqüentemente, na geração de resíduos. Como a meta brasileira é de manter a geração de resíduos nos atuais patamares, ao longo dos próximos anos, o PMISB pressupõe que ocorra um crescimento, ao longo dos próximos 20 anos, de modo a atingir os patamares médios de geração brasileiros: 1,10 kg de resíduos, por habitante, por dia (FELIZ, 2012). Tal meta não está alinhada com a busca por uma maior sustentabilidade e do que é pretendido fazer constar em um programa de educação ambiental. De certa forma, também exime o Poder Público do Município, em caso de não alcançar um efetivo avanço, no sentido da ordenação das prioridades propostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010b), que aponta, como prioridades primeira e segunda, respectivamente: **a não geração e a redução da geração de resíduos.**

A exemplo dessas projeções, pode-se comparar a situação estimada para 2019, com a realidade medida, que considera a média dos valores, entre outubro de 2019 e fevereiro de 2020. Se a média mensal de resíduos coletados no município (227,76 t), for multiplicada por 12 meses e dividida pela população urbana – considerando a porcentagem proposta pelo PMISB, sobre a população total, admitindo-se que continue a não ocorrer coleta na área rural, haveria um aumento da média mensal de resíduos coletados – com o seu valor atingindo 248,18 kg/(hab.ano). Considerando que a projeção constante no Relatório do Município (FELIZ, 2012) estimava um valor de coleta de 277,00 kg/(hab. ano), obteve-se um valor 28,82 kg/(hab. ano) inferior ao estimado, representando uma diferença, para menos, de 10,4%. A projeção do relatório é que, em 2032, a população urbana produzirá mais do que o dobro de resíduos “orgânicos” (2505 t), se comparado com aquele gerado em 2010 (1168,1 t). Quanto aos resíduos recicláveis, projeta-se, igualmente, uma duplicação de seu valor: de 1173,7 t, gerados em 2010; para 2340 t, em 2032.

Basicamente, fica implícito no Relatório (FELIZ, 2012), que a proposta permita manter o nível em que atualmente se encontra o gerenciamento dos resíduos, via manutenção e ampliação do atual sistema, com as devidas adequações ao aumento da demanda por serviços de coleta, transporte e destinação/disposição. Ou seja, o documento não projeta mudanças substanciais, no sentido de atender à ordem de prioridades, quanto ao gerenciamento de resíduos, proposta pela Política Nacional de RS (BRASIL, 2010b). Ainda no Relatório (FELIZ, 2012), ao final do capítulo intitulado “Alternativas para cumprimento das metas de serviços de limpeza urbana e manejo de RSU, para todo o período do PMSB”, são apresentadas metas e ações para que seja atingido um certo nível de sustentabilidade, via propostas relacionadas à implantação de unidades de compostagem. As metas, ações voltadas ao manejo de todos os tipos de resíduos, assim como o planejamento para curto, médio e longo prazos, podem ser visualizadas no Anexo B (FELIZ, 2012). Considerando-se que o presente trabalho tem como objetivo otimizar a gestão de resíduos orgânicos, apresenta-se, nos parágrafos seguintes, as metas de curto, médio e longo prazos, bem como comentários relativos às correspondentes ações propostas (FELIZ, 2012):

- a) No curto prazo: até 2017,
 - manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos, em 100% da zona urbana;
 - criação de mecanismos para uma redução significativa no volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários;
- b) No médio prazo: até 2022,
 - manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos, em 100% da zona urbana;
 - redução de 10%, no volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários;
 - modernização de parte do sistema de coleta e transporte dos resíduos sólidos orgânicos;
- c) No longo prazo: até 2032,
 - manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos, em 100% da zona urbana;
 - redução de 35%, no volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários;

- modernização do sistema de coleta e transporte dos resíduos sólidos orgânicos, em toda zona urbana do município.

Assim, considerando as metas indicadas, com relação aos resíduos “orgânicos”, ou seja, todos aqueles que não se incluem entre os recicláveis secos, o Município teve por meta a manutenção da cobertura de coleta, em 100% dos domicílios urbanos. Especificamente, a curto prazo, há uma proposta para que seja feito um estudo de viabilidade econômica, para implantação, em médio prazo (até 2022), de unidades de compostagem para os resíduos passíveis de tal tratamento. Tais unidades deverão direcionar para a compostagem 35% dos resíduos sólidos orgânicos, segundo o contexto do PMISB, constituídos pelos orgânicos compostáveis e pelos rejeitos, que, até então, eram enviados aos aterros sanitários. Também propõe a articulação, junto às instituições de ensino, para que sejam incluídos os seguintes temas nas suas grades escolares: “[...] tratamento e produção de compostos orgânicos [...]” e “[...] educação ambiental e nutricional [...], [de forma a contribuir na conscientização de seus alunos, quanto ao] aproveitamento integral dos alimentos e combate ao desperdício” (FELIZ, 2012).

A médio prazo, como citado, a meta era a de diminuir em 10% o volume de resíduos sólidos orgânicos compostáveis, que estão sendo dispostos em aterro. Neste sentido, aponta para a implantação de unidades de compostagem, bem como da modernização do sistema de coleta, com o uso de contêineres. Relativamente à meta de longo prazo (até 2032), de diminuição em 35% do volume de resíduos compostáveis, foram propostos a ampliação das unidades de compostagem implementadas, no médio prazo, e o incentivo à

[...] implantação de unidades de processamento e de tratamento para redução da massa/volume e produção de biogás e compostos orgânicos, [...] [por meio] do aproveitamento energético da parcela orgânica dos resíduos, por agentes privados. (FELIZ, 2012, p. 126).

Também foi proposto que a coleta, por meio de contêineres, fosse implantada, em toda a zona urbana. Nota-se que há um problema conceitual associado ao sistema de coleta por contêineres, já que é proposta a implantação da coleta seletiva e de “orgânicos”, sem especificar claramente as três parcelas: recicláveis, orgânicos

compostáveis e rejeitos. Entende-se que, se existe a proposta de compostagem, o ideal é que haja uma separação dos resíduos coletados, já na fonte.

É importante mencionar que, já em 2017, havia sido iniciada a implementação da coleta por contêineres no bairro Centro, com a possibilidade de expansão para outros bairros. Tal meta era considerada como de médio prazo, o que indicava um comprometimento, por parte do Poder Público, de atingir as metas traçadas.

Constata-se certa falta denexo entre algumas propostas presentes no relatório. De um lado, a projeção de geração de resíduos domésticos na Cidade, é de aumento de 2341,80 t, em 2010, para 4845 t, em 2032, constituindo-se em uma projeção de aumento para um valor superior ao dobro dos resíduos gerados em 2010. Por outro lado, há a proposta de que, no longo prazo, até 2032, haja uma redução na disposição de resíduos orgânicos, em 35% e, de recicláveis, em 25%. Ou seja, uma diminuição prevista, para o volume destinado ao aterro, na época do relatório, para 1638,40 t.

4.2.4 Alternativas adicionais para atingir as metas

Considerando-se as metas propostas no relatório do PMISB (FELIZ, 2012), são descritas, neste item, soluções técnicas, elaboradas neste trabalho, possíveis de serem implementadas no Município. Esta dissertação propõe o uso da compostagem de resíduos sólidos orgânicos compostáveis, como meio de atingir uma maior sustentabilidade no gerenciamento dos RSU. Para construir tal proposição, é importante que seja definida claramente a forma a ser empregada para a segregação entre os resíduos compostáveis e os rejeitos. Isto é, é necessário que fique expresso, claramente, quais resíduos não podem ser reciclados, nem compostados, a exemplo de: papel higiênico usado, absorventes femininos, camisinhas e fraldas descartáveis.

Segundo a bibliografia consultada, a forma mais frequentemente referida para se fazer essa segregação é a separação na fonte (BRASIL, 2017a; CEPAGRO, 2016a, 2016b; INÁCIO; MILLER, 2009; UNIÃO EUROPEIA, 2000; SILVA *et al.*, 2017). Nesta direção, é indicado que os resíduos domésticos sejam separados em três frações: resíduos recicláveis, resíduos compostáveis e rejeitos. Para a efetivação desta separação, é indicada a implantação de programas de educação ambiental, para que a população

seja preparada para fazer essa segregação de modo adequado. No caso de implantação de tal programa, em conjunto com a compostagem comunitária ou pública, entende-se que, a cidade de Feliz, possa atingir as metas do Plano Municipal de 2012, ou seja, o desvio de cerca de 10% dos resíduos aterrados¹⁵, até 2022; e de 35%, até 2032. Estas metas são estreitamente ligadas ao grau de conscientização da população e da implantação, em paralelo, das unidades de compostagem requeridas.

4.3 ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM

Para a escolha de um método de compostagem, que se enquadre nas características do município de Feliz, foram utilizadas as orientações propostas por Diaz *et al.* (2007) e analisadas as variáveis mencionadas por Inácio e Miller (2009), em busca de um método eficiente, que gere um composto de qualidade e que seja economicamente viável.

Com apoio nas diretrizes propostas por Diaz *et al.* (2007), optou-se pelo método de leiras estáticas, com aeração passiva. Esta escolha foi orientada pelas seguintes diretrizes:

- a) **primeira diretriz: não há relação direta entre a complexidade do método de compostagem e sua eficiência** – o método de leiras estáticas, com aeração passiva, é simples e sua eficiência é comprovada por experiências de sua aplicação, e que estão identificadas na revisão bibliográfica. Além disso, uma farta bibliografia está disponível, assim como um considerável número de especialistas, para auxílio, se necessário, para a sua implementação;
- b) **segunda diretriz: o método deve ser adaptável aos recursos econômicos e à disponibilidade de mão de obra, no local de implantação** – tanto os gastos, quanto os impactos gerados com transporte e disposição, poderão ser reduzidos, enquanto podendo se constituir em fonte renda e empregos na municipalidade, privilegiando-se, assim, investimentos na economia local;
- c) **terceira diretriz: deve ser tomado cuidado com o oferecimento de soluções “mágicas”, propostas por empreendedores, que acabam, muitas vezes, implicando em um gasto maior, para um ganho mínimo de eficiência, no processo de compostagem** – o método já

¹⁵ O valor de 10% dos resíduos aterrados, corresponderiam a resíduos da coleta “orgânica”. Como não há uma classificação na quantificação, foi escolhida uma porcentagem dos resíduos aterrados.

foi devidamente pesquisado e aplicado de diversas formas, e oferece riscos reduzidos de vir a se tornar apenas uma solução irreal ou mágica.

Além das diretrizes acima, para a escolha do método de compostagem, também foram consideradas as variáveis apontadas por Inácio e Miller (2009), como as mais relevantes para a escolha de um pátio de compostagem – termo utilizado para designar o local onde se faz a compostagem - que são:

- a) tipo de resíduo: facilidade de decomposição; susceptibilidade à proliferação de moscas e à geração de odores fortes;
- b) área disponível, localização e proximidade de residências;
- c) mão de obra disponível;
- d) capital necessário para a implantação e operação do sistema; e
- e) clima.

Inácio e Miller (2009, p. 69, grifo nosso), sugerem a adoção das leiras estáticas, com aeração natural pois:

[...] apresentam grande possibilidade de sucesso em sua implementação e operação no Brasil [estes autores citam, em outros trechos do seu trabalho, explicitamente, a Região Sul como adequada]. Por exigir **pouca mecanização do processo e ser menor [o] seu custo de implementação**, este método é extremamente atrativo. A **redução na necessidade de área** de operação, pela ausência de revolvimentos, é também um ponto favorável. Diversos pátios com essa técnica vêm operando **próximos (cerca de 50 m) de concentrações residenciais**, há vários anos, sem causar [...] atração de vetores, pássaros ou odores fortes.

[...] O método com leiras estáticas com aeração passiva vem demonstrando, através de algumas experiências conduzidas no Brasil, alta adequação [...] para as condições brasileiras, tanto para municípios, quanto para empresas, indústrias e instituições. **A baixa necessidade de capital, o custo baixo de operação e manutenção, a disponibilidade de mão de obra e a disponibilidade de área** são características que tornam a compostagem em leiras estáticas uma tecnologia com alto potencial de replicabilidade e sustentabilidade para as condições brasileiras.

Os autores (INÁCIO; MILLER, 2009, p. 66) ainda fazem os seguintes comentários, quanto a alguns aspectos a serem considerados no processo de escolha do método de compostagem:

- a) **tipo de resíduos**: restos de alimentos costumam atrair moscas e outros vetores, e contribuem para a ocorrência de maus odores. Isto faz com que não seja indicada a utilização de método com revolvimento para este

tipo de resíduos. Aeradores são dispensáveis, no caso de leiras executadas prevendo aeração natural;

- b) **clima:** “[...] leiras estáticas retangulares têm demonstrado condições para suportar precipitações elevadas, no Sul do Brasil (>1500 mm/ano), onde pátios empregando este método vêm operando desde 1994”.

Considerando-se os aspectos técnicos acima apresentados, o método de compostagem foi escolhido, conforme exigido, previamente à definição do método de dimensionamento dos pátios de compostagem. Entende-se que a opção pelo método de compostagem também seja o mais adequado para municípios em condições semelhantes, em termos de população, às de Feliz.

Em resposta aos objetivos do presente trabalho, entende-se que o dimensionamento de pátios de compostagem e a opção pelo método de compostagem são quase que obrigatórios. As considerações que seguem pressupõem, assim, a opção por leiras estáticas, com aeração natural, como o método aconselhado.

4.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO “MUNICÍPIO DE FELIZ (RS): CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DO MÉTODO DE COMPOSTAGEM”

O capítulo descreve como foi orientada e justificada a construção de uma solução de gestão dos resíduos sólidos orgânicos compostáveis para o município de Feliz, no estado do Rio Grande do Sul. Tal solução requereu a caracterização da área de estudos, incluindo questões geográficas, populacionais, econômicas, e a referência a trabalhos já realizados por alunos do PPGCI neste município, para assim contribuir para que o município opte por um sistema de gestão de resíduos, que seja orientada por práticas mais sustentáveis.

Após a caracterização do município, foi apresentado um diagnóstico relativo à situação atual do gerenciamento de resíduos do Município – com foco, não apenas nos resíduos compostáveis, mas na totalidade dos materiais sendo descartados. Tal análise foi baseada no PMISB e em dados fornecidos pela própria Prefeitura. Também foram apresentadas as metas do PMISB e as alternativas propostas por este Plano, além de algumas propostas do autor desta dissertação. Destaca-se, aqui, as metas

do PMISB, relacionadas à diminuição da quantidade de “resíduos úmidos” destinadas a aterro: 10%, até 2022; e 35%, até 2032.

O subitem 4.3 pode ser considerado como já relacionado aos resultados pretendidos, já que ele faz parte da proposta, deste trabalho, de busca de uma opção de gestão para os resíduos compostáveis do Município. Para a construção da proposta desejada e apresentada a seguir, considerou-se essencial ter essa etapa como já concluída, para que os métodos para dimensionamento do pátio fossem direcionados a essa escolha. O método escolhido para compostagem foi o de **Leiras Estáticas, com Aeração Passiva** (método UFSC), escolha essa baseada nas contribuições da bibliografia consultada, as quais apontam que o método pode ser caracterizado como **pouco mecanizado, de baixo custo e que não necessita de grandes áreas**.

5 COMPOSTAGEM POR LEIRAS ESTÁTICAS, COM AERAÇÃO NATURAL: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS PARA SUA IMPLANTAÇÃO

Esse capítulo apresenta as diversas etapas do desenvolvimento das proposições realizadas neste trabalho, incluindo: a caracterização dos resíduos gerados na municipalidade; a separação da fração orgânica; a educação ambiental requerida para uma mais adequada separação de resíduos; e o dimensionamento dos pátios de compostagem, incluindo os métodos associados ao dimensionamento do peneiramento e à ensacagem do composto.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS

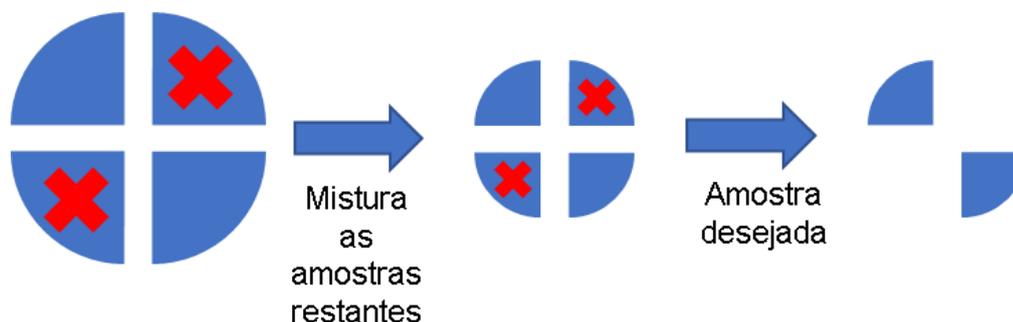
A norma brasileira NBR 10.007 (ABNT, 2004), que versa sobre amostragem de resíduos sólidos, não é muito explícita sobre como realizar a caracterização de RSU. O que de mais próximo é mencionado, nesta direção, em tal Norma, é a **amostragem de resíduos sólidos heterogêneos**, onde prescreve:

Para resíduos heterogêneos de fácil amostragem, deve-se preparar uma amostra respeitando as proporcionalidades dos diferentes resíduos, de forma a se obter uma única amostra composta representativa [dos mesmos].

Para a obtenção de uma **amostra composta representativa**, deve-se: coletar parcelas individuais, de forma a se obter um conjunto de parcelas, que represente o universo de origens das diferentes amostras; e misturar essas parcelas, para, então, obter uma amostra homogênea, por meio do seu **quarteamento** (Figura 34), que consiste no (ABNT, 2004):

Processo de divisão, em quatro partes iguais, de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si, para constituir uma nova amostra, e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente, e o processo de quarteamento é repetido, até que se obtenha o volume desejado.

Figura 34 – Processo de quarteamento, para constituição da amostra representativa



(fonte: elaborada pelo autor)

Para Lima (2006), o processo de amostragem, dependendo do que se quer amostrar, poderá seguir o seguinte sequenciamento: planejamento; coleta; armazenamento e conservação; envio ao laboratório; e preparo da amostra para análise. Com relação aos itens necessários para a constituição de um bom planejamento de amostragem, Lima (2006, p. 4) sugere considerar o seguinte:

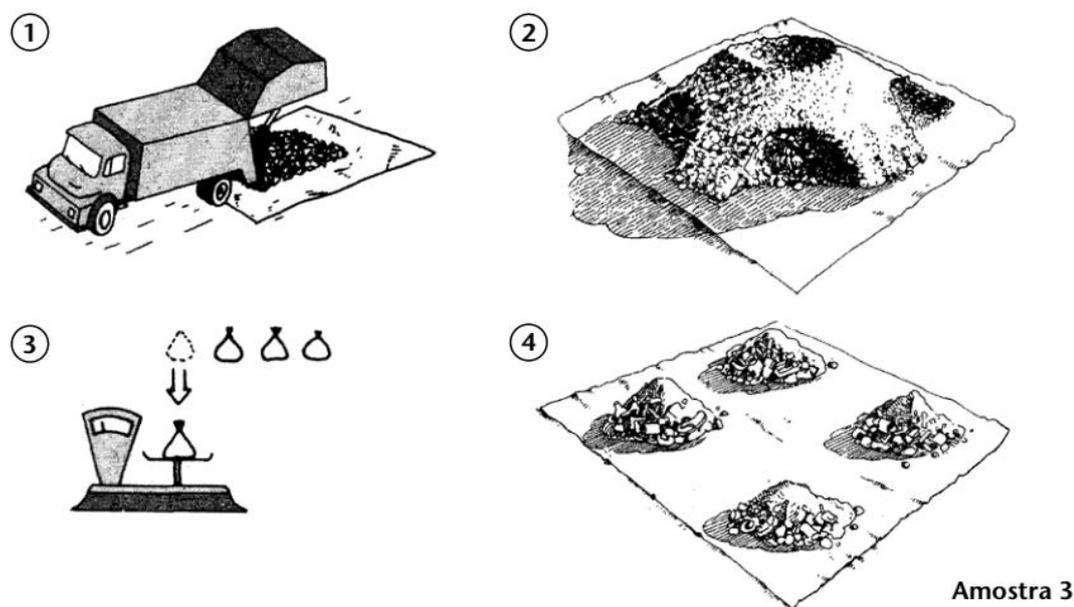
[...] pontos de amostragem; tipos de amostradores; número de amostras a serem coletadas; volumes de amostras; tipos de amostras (simples ou composta); número e tipo de frasco de coleta; tempo de estocagem; métodos de preservação; coletor bem treinado.

No caso de resíduos sólidos em montes ou pilhas, a NBR 10.007 (ABNT, 2004) determina que a amostra seja constituída por frações retiradas de três pontos: topo, meio e base da pilha. A Companhia Ambiental de São Paulo (antigo Centro Tecnológico de Saneamento Básico – CETESB, 1990 *apud* CONSONI *et al.*, 2018, p. 35) propõe o seguinte método de amostragem, para a caracterização física de resíduos sólidos (Figura 35):

- 1) descarregar o caminhão ou caminhões no local previamente escolhido (pátio pavimentado ou coberto por lona);
- 2) coletar quatro amostras de 100 litros cada (utilizar tambores), três na base e laterais e uma no topo da pilha resultante da descarga. Antes da coleta, procede-se ao rompimento dos receptáculos (sacos plásticos, em geral) e homogeneíza-se, o máximo possível, os resíduos nas partes a serem amostradas. Ainda, considerar os materiais rolados (latas, vidros etc.). Caso a quantidade inicial de lixo seja pequena (menos que 1,5 t), recomenda-se que todo o material seja utilizado como amostra;
- 3) pesar os resíduos coletados;

- 4) dispor os resíduos coletados sobre uma lona. Este material constitui a amostra a ser utilizada para as análises da composição física dos resíduos.

Figura 35 – Amostragem para análise da composição física



(fonte: CETESB, 1990 *apud* CONSONI *et al.*, 2018, p. 34)

5.2 SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA

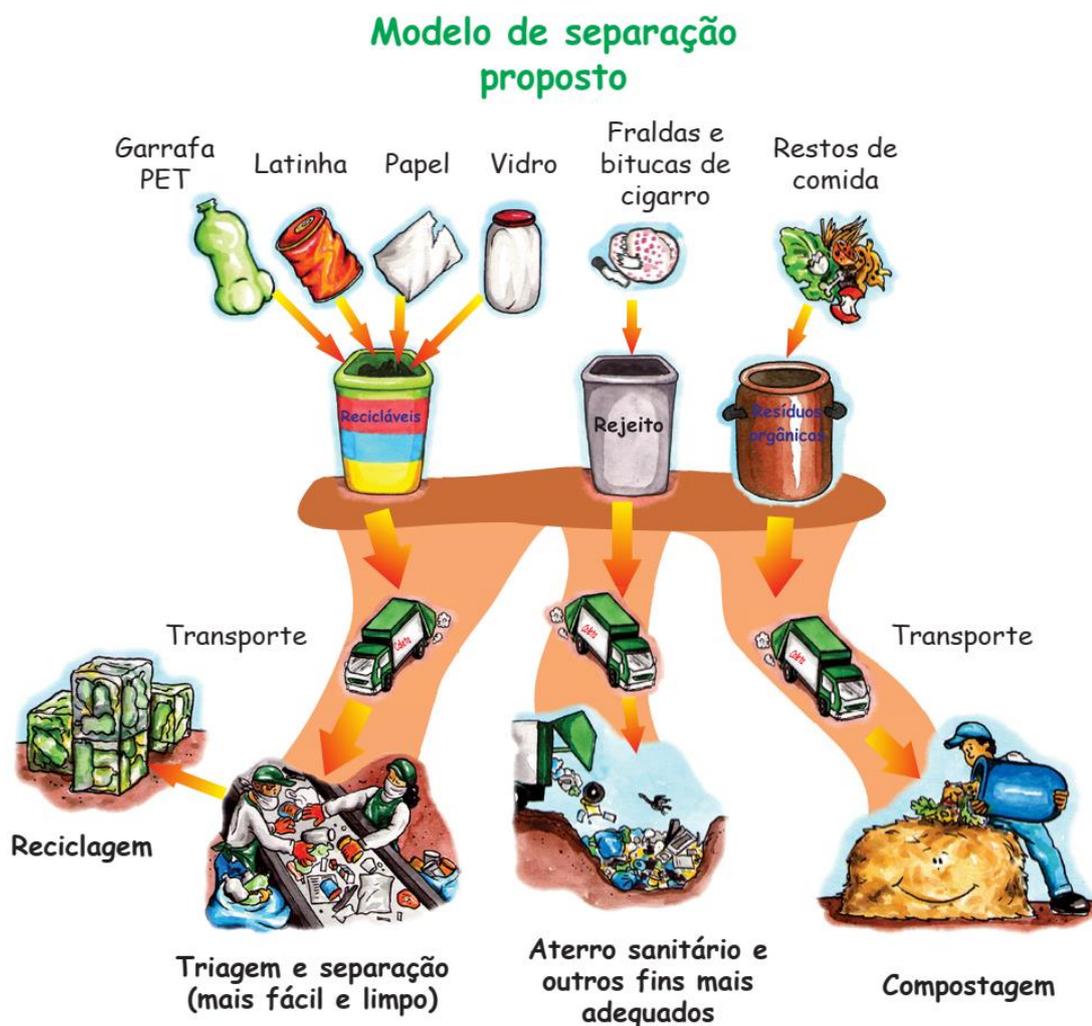
Para que a separação da fração orgânica ocorra de forma adequada, a medida inicial, de suma importância, é a implementação da coleta de uma terceira parcela de resíduos, a dos compostáveis (Figura 36) – a figura menciona poucos elementos como parte da fração de rejeitos, então vale ressaltar que, segundo a Lei 12305 (BRASIL, 2010b): **rejeitos** são aqueles resíduos que não são passíveis de tratamento economicamente viável. Essa seria uma separação do que é usualmente referido como “lixo orgânico”, mas que engloba, tanto os **rejeitos**, resíduos que não têm possibilidade de reciclagem ou tratamento economicamente viável, quanto os **orgânicos**, que constituem os resíduos fácil e mediamente biodegradáveis.

Sobre a importância econômica e sanitária da separação, Leite (1995 *apud* INÁCIO; MILLER, 2009, p. 19), menciona que:

A coleta seletiva deve ser priorizada em qualquer sistema municipal de tratamento de disposição de resíduos sólidos, e se apresenta como a única maneira de proporcionar o adequado acondicionamento das diferentes

categorias de resíduos, possibilitando que estes sejam mais facilmente destinados às suas respectivas operações de tratamento e reciclagem, diminuindo as perdas e os custos com o transporte e a [sua] separação em usinas.

Figura 36 – Separação em três frações: recicláveis, rejeitos e orgânicos¹⁶



Inácio e Miller (2009, p. 19, grifo nosso) são mais incisivos em sua colocação quanto à separação da terceira fração:

A coleta seletiva da fração orgânica é indispensável para que o seu tratamento, através da compostagem, constitua um modelo eficiente e econômico. O não cumprimento deste item exige a montagem de “usinas” de

¹⁶ Cabe mencionar que, atualmente, existem tecnologias para que seja dado um destino às bitucas de cigarro, ao invés de sua disposição. Como exemplo temos: o reaproveitamento na geração de energia, para produção de cimento (PORTO ALEGRE, 2015); e a sua transformação em papel (RECICLA SAMPA, 2019).

compostagem baseadas em esteiras e operações de separação, em geral com infraestrutura onerosa. **Este tipo de modelo leva à produção de um produto final de baixa qualidade, com grande quantidade de partículas de materiais indesejáveis, possível contaminação com metais pesados e, muitas vezes, aspecto deplorável e mau cheiro.** Quando a fração orgânica é separada na origem, nas residências, ela não se mistura com a fração inerte (vidro, plástico, papel), resultando num composto de bom aspecto e boa qualidade. As altas temperaturas (55 °C a 85 °C) atingidas durante o processo de transformação dos resíduos, na compostagem, garantem a ausência de patógenos comuns ao homem, no produto final que será utilizado como condicionador de solo.

A União Europeia (2000, p. 8), em documento sobre exemplos de compostagem e coleta seletiva bem sucedidas, menciona outras vantagens da separação da fração orgânica:

A separação da fração orgânica na origem também permite estimular a compostagem doméstica, no seio de pequenas comunidades locais. Esta opção de aproveitamento dos resíduos orgânicos tem duas vantagens adicionais: evita os impactos ambientais resultantes do manuseio e transporte de resíduos e promove a utilização do composto pelo produtor doméstico. Estes métodos permitem o fecho do circuito de reciclagem e a obtenção de vantagens para o ambiente, ao evitar a utilização de outros produtos (em comparação com o composto produzido por uma unidade central, para o qual é necessário encontrar um mercado). Outro aspecto positivo da separação dos resíduos domésticos pelo consumidor é o aumento da percepção do problema, que constitui a produção de resíduos e o desenvolvimento de um sentido de responsabilidade para com os resíduos domésticos.

Em resumo, a separação da terceira fração, resíduos orgânicos, tem a vantagem de facilitar o tratamento e destinação dos resíduos. Diminui custos, possibilita a melhora do composto obtido ao final do processo e gera um estímulo à compostagem doméstica, baseado na percepção, por parte da população, dos problemas ambientais decorrentes de um mau manejo de resíduos.

5.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Um aspecto fundamental para a implementação da coleta seletiva de resíduos compostáveis, assim como para a conscientização da população de seu papel, é o desenvolvimento de um Programa de Educação Ambiental. Este deve ser sempre implementado, segundo a legislação brasileira, e, ao longo do tempo, deve ser monitorado para verificar a sua efetividade.

5.3.1 Programa de Educação Ambiental: Princípios

A Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei 9.795 (BRASIL, 1999, art. 1º), define a educação ambiental como:

[...] os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

A mencionada Lei atribui deveres (BRASIL, 1999, art. 3º, grifo nosso):

- I - ao Poder Público, nos termos dos arts. 205 e 225 da Constituição Federal: **definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;**
- II - às instituições educativas: **promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;**
- III - aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – Sisnama: **promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;**
- IV - aos meios de comunicação de massa: colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação;
- V - às empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas: **promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente;**
- VI - à sociedade, como um todo: manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades, que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais.

A Lei 9.795 ainda apresenta princípios básicos e objetivos fundamentais da educação ambiental. Apesar da importância de cada um dos princípios básicos, dois chamam particular atenção, no contexto desse trabalho (BRASIL, 1999, art. 4º):

[...]

- II – a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade.

[...]

VII – a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais.

Na temática dos resíduos sólidos, é importante que se aprofunde o conhecimento sobre a natureza e sua interação com a humanidade. A falta de educação ambiental, com esta abordagem ampla, faz com que a população, em geral, não inter-relacione as questões em suas diferentes escalas, do micro, ao macro. O resíduo acaba sendo considerado como um problema pontual na vida, que, no máximo, está restrito à comunidade do cidadão e, após a coleta, o deixa de ser – ao menos virtualmente (LAFAY, 1997). Como bem colocado por Lafay (1997), é preciso agir localmente, pensando globalmente, com a consciência de que os atos pontuais têm relação direta com os impactos ambientais em escalas maiores. Nesse sentido, a Lei (BRASIL, 1999, art. 5º, inciso I, grifo nosso) indica que o primeiro objetivo fundamental da educação ambiental é “[...] **o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente, em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos**”.

O raio de ação da educação ambiental, segundo a Lei 9.795, é dividido em dois âmbitos de ensino: **o formal e o não-formal**. O primeiro, relaciona-se às instituições de ensino básico, superior, especial, profissional e de jovens e adultos. Propõe que seja “[...] desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente, em todos os níveis e modalidades do ensino formal”, e que não seja, diretamente, uma disciplina específica, mas incorporada nas disciplinas relacionadas, de forma a tratar a “[...] ética ambiental das atividades profissionais a serem desenvolvidas” (BRASIL, 1999, art. 10), quando no ensino profissionalizante.

Tem-se, relacionada à educação ambiental não-formal, “[...] as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente” (BRASIL, 1999, art. 13). Quanto a tais aspectos, o Poder Público, em seus três níveis de abrangência territorial (federal, estadual e municipal), deve incentivar, entre outros (BRASIL, 1999, art. 13):

- I - a difusão, por intermédio dos meios de comunicação de massa, em espaços nobres, de programas e campanhas educativas, e de informações acerca de temas relacionados ao meio ambiente;
- II - a ampla participação da escola, da universidade e de organizações não-governamentais, na formulação e execução de programas e atividades vinculadas à educação ambiental não-formal;
- III - a participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental, em parceria com a escola, a universidade e as organizações não-governamentais; [...].

Para desenvolver o programa de educação ambiental, relacionado aos resíduos sólidos de um município, é interessante considerar o art. 8º, da Lei 9.795 (BRASIL, 1999):

As atividades vinculadas à Política Nacional de Educação Ambiental devem ser desenvolvidas na educação, em geral, e na educação escolar, por meio das seguintes linhas de atuação inter-relacionadas:

- I - capacitação de recursos humanos;
- II - desenvolvimento de estudos, pesquisas e experimentações;
- III - produção e divulgação de material educativo;
- IV - acompanhamento e avaliação.

Assim, acredita-se que, aplicando os princípios expostos, relacionados à Política Nacional de Educação Ambiental, somados aos conhecimentos referidos no presente trabalho, tendo por base a revisão de literatura, há possibilidade de se criar um programa efetivo de educação ambiental relacionado aos resíduos sólidos.

5.3.2 Programa de Educação Ambiental: acompanhamento da sua efetividade

Para a realização de uma pesquisa, na qual um questionário será utilizado para a coleta de dados, são necessárias algumas etapas¹⁷:

¹⁷ Na disciplina Pesquisa e Análise Estatística, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, nos segundo e terceiro trimestres de 2018, a Professora Doutora Márcia Echeveste, apresentou um procedimento para desenvolvimento de pesquisas, com o uso de questionários. Este procedimento foi seguido neste trabalho.

- a) **entender o problema:** definição (região, escopo, características e delimitação). A sua formulação deve envolver fontes primárias (especialistas, usuários etc.) e secundárias (bibliografia);
- b) **explorar dados** relativos ao tema, realizando: varredura em fontes bibliográficas; possíveis entrevistas com especialistas; e emprego de *popular media scan*, que consiste em análise de notícias sobre o assunto;
- c) **planejar a pesquisa:** aprofundando o entendimento de todas as suas partes integrantes – problema, patrocinadores, público-alvo, lacunas a serem preenchidas e oportunidades:
- tema e hipóteses;
 - definição dos objetivos;
 - estabelecimento das questões de pesquisa;
 - determinação das fontes de dados;
 - determinação da metodologia de pesquisa;
 - tipo de pesquisa;
 - métodos e técnicas de coleta de dados;
 - população, tamanho de amostra e processo de amostragem;
 - planejamento da coleta de dados; e
 - previsão do processamento e análise dos dados.
 - redação e projeto de pesquisa; e
 - construção do instrumento de coleta de dados;
- d) execução da pesquisa; e
- e) comunicação dos resultados.

As etapas apresentadas são de caráter qualitativo e vale ressaltar que é muito importante que, em sua realização, haja acompanhamento por parte de um Estatístico, ou profissional com conhecimento nessa área. O único cálculo prévio à análise dos dados já coletados é aquele necessário para determinar o tamanho da amostra. Esse cálculo, para uma população finita, sem informações prévias, conforme sugerido por Luchesa e Chaves Neto (2011), é feito por meio da fórmula 1:

$$n = \frac{0,25 \cdot N \cdot z_{\alpha/2}^2}{0,25 \cdot z_{\alpha/2}^2 + (N - 1) \cdot e^2} \quad (\text{fórmula 1})$$

Sendo:

n – tamanho da amostra (hab);

N – população total (hab);

$z_{\alpha/2}$ – variável aleatória normal padrão, quando a média é 0 e o desvio padrão 1, definida a partir do nível de confiança desejado (adimensional); e

e – margem de erro admitida (adimensional).

Como o trabalho pretende realizar apenas uma proposta de questionário, não foram realizados testes com o instrumento. Por este motivo, não houve aprofundamento de conhecimentos sobre os métodos de verificação da validade de questionários, o que não significa que deixem de ser de suma importância, para prosseguimento na utilização de algum instrumento de avaliação de comportamentos.

5.4 DEMANDA DOS PÁTIOS DE COMPOSTAGEM

A geração *per capita* de resíduos sólidos, fácil e mediantemente biodegradáveis, deve ser calculada a partir de três dados:

- a) quantidade coletada em um espaço de tempo (dia, mês ou ano): esse dado, de preferência, deve ser uma média, com base em um levantamento anual, para que não haja influência de sazonalidade;
- b) caracterização dos resíduos do município: com, no mínimo, a diferenciação entre recicláveis secos, rejeitos e orgânicos compostáveis;
- c) população total, urbana e rural, de acordo com a proposta do município.

A partir desses dados, pode-se calcular a geração de cada fração de resíduos do município, e as gerações *per capita* médias. Para calcular a geração por fração, usa-se a fórmula 2:

$$Q_{\text{fração}} = P_{\text{fração}} \cdot Q_{\text{total}} \quad (\text{fórmula 2})$$

Sendo:

$Q_{\text{fração}}$ – quantidade de resíduos gerados, de determinada fração, (orgânica, reciclável ou rejeito), em um dado período (*t/dia; t/mês; ou t/ano*);

$P_{\text{fração}}$ – parcela de determinada fração, em relação ao total de resíduos da coleta (*adimensional*); e

Q_{total} – quantidade total de resíduos gerados em determinado período (*t/dia; t/mês; ou t/ano*).

Para calcular a geração *per capita*, aplica-se a fórmula 3:

$$Q_{\text{per capita}} = \frac{Q}{Pop} \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

$Q_{\text{per capita}}$ – quantidade de resíduos (de determinada fração ou total), por habitante, por período (*kg/(hab.dia); kg/(hab.mês); ou kg/(hab.ano)*);

Q – quantidade de resíduos gerados (em determinada fração ou total) em um período (*t/dia; t/mês; ou t/ano*); e

Pop – população (total, ou de determinada zona da cidade) (*hab*).

A demanda do pátio, então, é determinada como uma parcela do total, ou de uma fração, usando-se a fórmula 4:

$$D = P \cdot Q \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

D – demanda do pátio (*t/dia; t/mês; ou t/ano*);

P – parcela a ser compostada (*adimensional*); e

Q – quantidade de resíduos gerados (em determinada fração ou total), em um período (*t/dia; t/mês; ou t/ano*).

É importante que essa demanda seja transformada em volume, para que se dimensione o número de bombonas necessárias para a recepção dos resíduos, e para o dimensionamento do volume de materiais ricos em carbono, necessários ao processo de compostagem. A densidade, apresentada por Quaresma (1998), para os resíduos compostáveis, é de 800 kg/m³, ou 0,8 t/m³. Então, para a obtenção do volume

de resíduos, divide-se a demanda, em massa, pela densidade. Este cálculo, deverá ser realizado com a utilização da fórmula 5:

$$V_{resíduos} = \frac{D \times 1000}{0,8 \text{ t/m}^3} \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

$V_{resíduos}$ – volume de resíduos coletados, em um período determinado (m^3/dia , $m^3/semana$; $m^3/mês$; m^3/ano);

D – demanda do pátio (t/dia ; $t/semana$; $t/mês$; ou t/ano).

O cálculo do número de bombonas considera a capacidade de cada bombona: 50 litros. Indica-se, para facilitar o trabalho de quem for coletar e depositar as bombonas no pátio, que esta seja preenchida somente até 75% de seu volume (37,50 litros = 0,0375 m³) (MAESTRI, 2020; RODRIGUES, 2020). Considerando o volume coletado semanalmente e dividindo-o pela frequência de coleta, tem-se o volume a ser coletado em um dia. Assim, o número de bombonas é calculado pela fórmula 6:

$$b = \frac{V_{resíduos}}{0,0375 \text{ m}^3} \quad (\text{fórmula 6})$$

Sendo:

$V_{resíduos}$ – volume de resíduos coletados, por dia de coleta (m^3/dia);

b – quantidade de bombonas ($unidades/dia$).

O cálculo do volume de materiais secos é feito a partir de relações propostas na bibliografia. O Manual de Orientação – Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos, do Cepagro (BRASIL, 2017a, p. 31) indica:

A relação entre a quantidade de carbono e a quantidade de nitrogênio (relação C/N) é essencial para se obter um composto orgânico de boa qualidade. Em termos químicos (número de átomos), a relação ideal na compostagem é de 30 átomos de carbono, para cada átomo de nitrogênio (relação 30:1). Em termos práticos, esta relação é obtida misturando-se 2/3, em volume, de material seco (rico em carbono) com 1/3 de material úmido (rico em nitrogênio). Se a mistura tiver excesso de material rico em carbono (como palha e serragem), a fermentação pode não ocorrer. Se houver

excesso de material rico em nitrogênio (como macarrão, arroz, carnes), haverá perda de nitrogênio, na forma de amoníaco.

Essa informação é corroborada por Inácio e Miller (2009, p. 66), que apresentam dados mais precisos (Figura 37). A partir do volume de resíduos, já calculado, e dos dados da figura, pode-se fazer uma regra de três, para obter o volume de materiais secos mensal.

O volume de estruturantes externos (palha, grama, folhas e similares) é calculado pela fórmula 7:

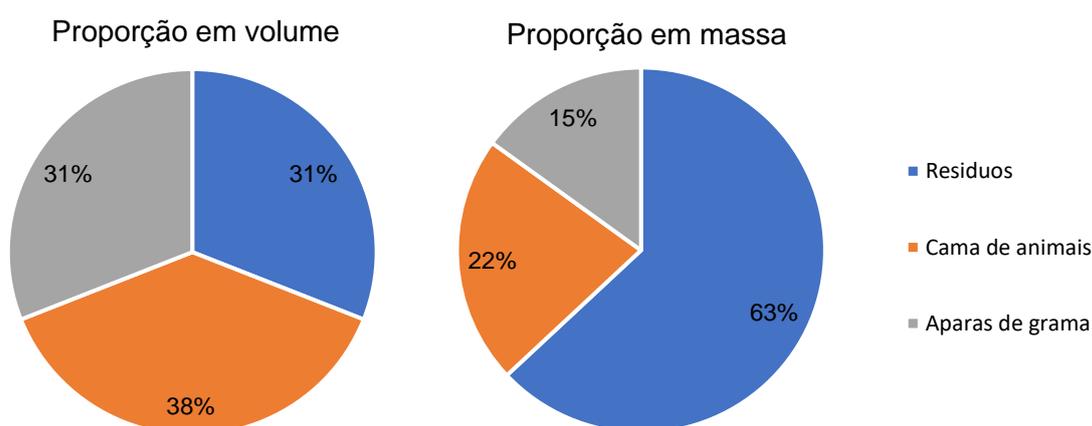
$$V_{est.ext.} = V_{resíduos} \cdot 0,38/0,31 \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

$V_{est.ext.}$ – volume de materiais estruturantes externos, utilizados em um período - geralmente é calculado por mês (m^3/dia ; $m^3/semana$; $m^3/mês$); e

$V_{resíduos}$ – volume de resíduos (m^3/dia ; $m^3/semana$; $m^3/mês$).

Figura 37 – Proporção usual dos resíduos orgânicos, para montagem das leiras estáticas de compostagem, do projeto de coleta seletiva do campus da UFSC



(fonte: adaptado de ZAMBOIM, 1997 *apud* INÁCIO; MILLER, 2009, p. 66)

Já, o volume de estruturantes internos das leiras (serragem e resíduos vegetais triturados), que são utilizados no processo diário de colocação de resíduos nas leiras, com a finalidade de estruturá-las, é o mesmo que o de resíduos (fórmula 8):

$$V_{est.int.} = V_{resíduos} \quad (\text{fórmula 8})$$

Onde:

$V_{est.int.}$ – volume de materiais estruturantes internos utilizados em um período - geralmente é calculado por mês (m^3/dia ; $m^3/semana$; $m^3/mês$).

5.5 LICENCIAMENTO

Cada estado da Federação tem sua regulamentação própria, quanto à regularização de pátios de compostagem. Portanto, é de extrema importância que sejam analisadas tais normas, previamente ao desenvolvimento do projeto. A publicação “Critérios Técnicos para Elaboração de Projeto, Operação e Monitoramento de Pátios de Compostagem de Pequeno Porte” (SILVA *et al.*, 2017) realiza uma análise de parâmetros, não só da legislação pertinente ao estado de Santa Catarina, mas a critérios técnicos relacionados a possíveis impactos ambientais da atividade de compostagem. O documento ainda apresenta uma proposta de Instrução Normativa, relacionada ao licenciamento de empreendimentos de compostagem de resíduos. Esta poderia ser replicada, com pequenas mudanças, em qualquer estado do Brasil, facilitando aos órgãos de licenciamento, que tenham critérios locais definidos, a concessão de licenças, assim como recomendada aos projetistas, de modo a orientá-los em seus projetos.

5.6 PROJETO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM, COM O MÉTODO DE LEIRAS ESTÁTICAS, COM AERAÇÃO PASSIVA

A presente subseção busca apresentar os passos para o projeto de um pátio de compostagem. Apresenta-se os métodos para: dimensionamento das leiras;

determinação de local da implantação do pátio e organização deste; organização dos procedimentos operacionais; e orçamentação e verificação de viabilidade financeira.

5.6.1 Método de dimensionamento das leiras

O item principal, no dimensionamento de um pátio de compostagem, é o das leiras; isto é, das pilhas de resíduos em decomposição. Apesar de estarem disponíveis muitas informações sobre o método na bibliografia, pouco se identifica sobre como deva ser efetuado esse dimensionamento. Uma orientação considerada relevante, nesta direção, para o dimensionamento de pátios de pequeno porte, é o apresentado pelo Cepagro (BRASIL, 2017a). Neste é indicado que uma leira, com largura de 2 m e comprimento de 8 m, suporta até 10 toneladas mensais de resíduos. A partir desta informação, assumiu-se que, **em uma leira com 2 metros de largura, cada metro de comprimento suporta até 1,25 toneladas mensais**. O processo de construção e alimentação das leiras é detalhado, com ilustrações, no Anexo C da publicação. Basicamente o processo consiste em:

- 1) instalação de sistema de drenagem do lixiviado;
- 2) posicionamento de materiais grosseiros, abaixo de onde será construída a leira, para que o ar possa circular e promover a digestão aeróbia;
- 3) acima de tal camada, deverão ser colocados: o material estruturante interno (serragem e folhas); os resíduos biodegradáveis; e, em seguida, uma camada de inoculante (composto orgânico ou terra) – na primeira alimentação;
- 4) a leira deve, então, ser coberta por serragem e folhas, e, finalmente, por palha;
- 5) as novas colocações de resíduos na leira devem ser feitas na parte de cima da mesma, abrindo a camada de palha, de modo a deslocá-la para os lados (transformando parte da cobertura de palha em uma “parede lateral”) e inserindo os resíduos, que devem ser misturados aos resíduos mais antigos, já em processo de decomposição;

- 6) a leira deve ser coberta novamente, por uma camada de serragem, folhas e palha, nesta ordem, a cada alimentação.

A altura da leira, segundo Inácio e Miller (2009), pode variar entre 1,00 e 1,50 m, para pátios sem auxílio de máquina e, alcançar até 2,00 m, para pátios com esse auxílio. Vale ressaltar que a altura da leira varia diariamente, pois, com a adição de resíduos, ela se torna mais alta, mas, com a decomposição dos resíduos, ela vai ficando mais compacta e perde altura. Portanto, as alturas mencionadas pelos autores são as alturas máximas que a leira pode atingir, para sua operação, sem e com maquinário, respectivamente.

Quanto ao manejo e alimentação da leira, Inácio e Miller (2009) consideram que as leiras podem ter resíduos adicionados, de duas a três vezes por semana. Por sua vez, o Cepagro (BRASIL, 2017a) menciona que a leira deve “descansar”, ao menos, 48 horas, antes de cada nova adição.

Quanto à dinâmica de manejo de bateria, assim denominado o conjunto de leiras, apresenta-se a forma sugerida pelo Cepagro (BRASIL, 2017a) e que foi a adotada no presente trabalho (Figura 38). As informações obtidas junto ao operador de um pátio de compostagem da cidade de Florianópolis (RODRIGUES, 2020), indicam que cada bateria necessita de seis meses, considerado o processo inteiro, para a geração do composto, sendo: dois meses, na fase de alimentação; e quatro meses, em descanso. Essa lógica permite que, com três baterias, seja possível operar o pátio. Quando em pleno funcionamento, enquanto duas baterias descansam, uma é alimentada. Assim, a cada dois meses, uma bateria estará pronta para peneiramento do composto finalizado e, portanto, abrirá espaço para que se inicie uma nova bateria.

Também é necessária a programação da coleta do percolado das leiras. Tal produto pode ser recirculado na leira, ou utilizado como fertilizante líquido, diluindo-o em água, até alcançar uma concentração de 2%. Segundo Inácio e Miller (2009, p.104),

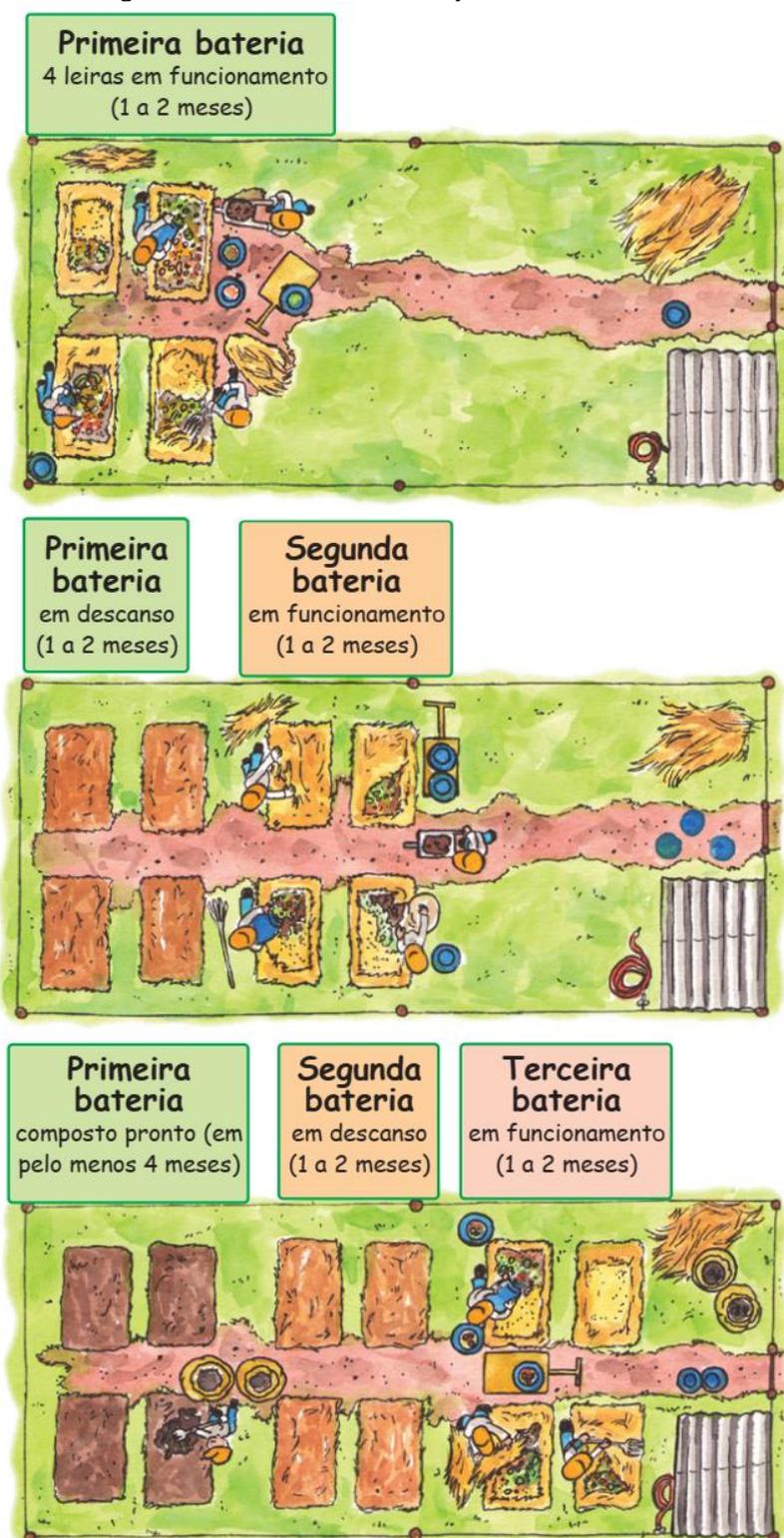
A alta atividade biológica, aeróbia e termofílica, mantida nas leiras, favorecem uma baixa produção de percolado. [...] O poder de absorção de água de alguns materiais usados na compostagem, notadamente a serragem, também contribui para a redução do volume de líquido que sai das leiras. [...] Na coleta efetuada em uma leira de compostagem de grama, restos de comida e cama de biotério, o chorume representou apenas 4,8% do total de

água que entrou no sistema, pela precipitação ou pelo conteúdo de água dos próprios resíduos orgânicos [...].

Apesar da grande variação na quantidade de chuvas, as quantidades de chorume coletadas diariamente quase não se alteraram, seguindo um comportamento quase homogêneo, sem acompanhar as curvas de crescimento de entrada de água na leira.

A partir de estudos, Inácio e Miller (2009) indicam, para o cálculo da vazão de percolado, para a compostagem de “[...] restos de comida, cama de biotério, folhas secas e cortes de grama”, o valor de **0,50 litros, por dia, por metro quadrado de leira, sem cobertura** (a partir de análise executada na cidade de Florianópolis, SC). Tal dado deve ser utilizado na programação de coleta do fertilizante líquido.

Figura 38 - Dinâmica de manejo de bateria de leiras



(fonte: BRASIL, 2017a)

O solo abaixo da leira deve ser impermeabilizado e, segundo Silva *et al.* (2017), a impermeabilização pode ser feita por diferentes métodos:

- a) **com camada de argila:** que promove a troca catiônica entre a argila e o líquido percolado, melhorando a qualidade do fertilizante líquido final;
- b) **com camada de geomembrana, com argila:** que promove uma impermeabilização flexível do solo, trazendo mais segurança e, ainda, garantindo a troca de cátions mencionada acima; ou
- c) **com camada de concreto:** que impermeabiliza o solo de forma sólida, porém não promove a interação da leira com o solo, não permitindo a troca catiônica, nem a entrada de micro-organismos presentes no solo, que aceleram o processo de compostagem.

Silva *et al.* (2017) informam que a impermeabilização, indicada pelo Cepagro (BRASIL, 2017a), nos pátios construídos com assessoramento dela, fica a 30 cm de profundidade, e tem inclinação de 2 a 7%, para coberturas de argila.

5.6.2 Localização e organização de pátio de compostagem

Quanto à localização do pátio de compostagem, Silva *et al.* (2017, p. 22, grifo nosso) comentam:

Um pátio bem localizado e planejado vira uma área pedagógica, com potencial para receber grupos e realizar oficinas e cursos. Ao ver uma experiência exitosa, sem odores e vetores, com qualidade dos resíduos orgânicos, pode-se transformar uma imagem que temos sobre a gestão dos resíduos orgânicos, passando a valorizar a reciclagem orgânica e que pode se desdobrar em experiências nas residências, escolas e comunidades.

Um conceito para localização do pátio de compostagem nas cidades é o de Eco Praça, local público [...] que engloba **composteiras, área de educação ambiental, hortas agroecológicas, viveiro de mudas, árvores comestíveis, dentre outras práticas**. Os parques e áreas verdes também são interessantes para implantação de um pátio de compostagem, visto que possuem grandes dimensões e barreira verde já constituída. Aterros sanitários desativados configuram mais uma opção recomendável, sobretudo pela possibilidade de reutilização da área.

Já, sobre a organização de um pátio de compostagem, segundo o Cepagro (BRASIL, 2017a, p. 38):

[...] requer um amplo espaço útil para atender a todos os seus requisitos, a saber: uma área para as leiras; áreas para armazenagem dos materiais ricos em carbono (como serragem, palha, folhas e podas de árvores); área para lavagem e armazenagem das bombonas (cujo piso preferencialmente seja de concreto com saída da água por sistema de vala de infiltração, com plantas para tratamento de efluentes); e, ainda, uma área para o período de maturação do composto. Em alguns casos, também será necessária uma área para peneirar, empacotar e armazenar o composto.

Assim, a localização e organização do pátio requer o dimensionamento de cada uma dessas áreas mencionadas.

5.6.2.1 Área das leiras

Para o dimensionamento dessa área, além das leiras, é preciso considerar a área de trânsito dos trabalhadores e, caso seja necessário, para a passagem de minicarregadeiras. É importante desenhar essa área, para que fiquem claras: as necessidades de distanciamento entre as leiras; os limites do terreno; assim como o distanciamento das leiras, em relação a outras áreas.

5.6.2.2 Área de transbordo das bombonas

As bombonas são recipientes que poderão ser utilizados para armazenar temporariamente os resíduos recebidos nos pátios. Se o transporte de tais recipientes for feito por caminhão, o pátio deverá incluir uma área para estacionamento desses veículos. Também, é interessante projetar uma plataforma, que esteja no mesmo nível da carroceria, para facilitar o transbordo dos recipientes temporários (SILVA *et al.*, 2017). É importante que haja, nesse local, uma balança para o controle da quantidade de resíduos que entra no pátio, tanto para fins operacionais, quanto para o seu controle, por parte de órgãos municipais.

5.6.2.3 Materiais ricos em carbono: área de armazenagem

Por terem densidade baixa, os materiais ricos em carbono, como, por exemplo, galhos, ramos, palha e serragem, ocupam muito espaço; assim, o dimensionamento dessa área deve considerar o volume mensal acumulado de materiais de tal natureza.

A forma de cálculo dessa área depende dos critérios admitidos pelo projetista, levando em consideração como serão obtidos os materiais e com que frequência. Os materiais podem ser obtidos continuamente, ou de acordo com uma certa periodicidade. Uma alternativa é a de que a área seja dimensionada para armazenar o material utilizado ao longo de um mês. Quanto à obtenção dos materiais e especificações para estes, tem-se as seguintes recomendações do Cepagro (BRASIL, 2017a, p. 37, grifo nosso):

Serragem: pode ser adquirida em **madeireiras ou marcenarias** da região, comumente encontradas nas cidades. Um setor interessante são as marcenarias que trabalham com madeiras de demolição, pois não utilizam tratamentos químicos nas madeiras, que prejudicam os microrganismos na leira de compostagem. **É importante que não se utilize o pó de serra, mas apenas a maravalha, cepilho ou cavaco. Ou seja, a serragem precisa estar na forma de lascas mais grossas, para criar pequenos espaços dentro da leira e facilitar o fluxo de ar.** O pó de serragem é muito fino e acaba por compactar a leira, criando um ambiente sem o oxigênio necessário para o processo.

Palha: pode ser adquirida nas Centrais de Abastecimento - **CEASAs** da região, pois para os boxistas este material é geralmente considerado um resíduo. As melancias e abacaxis vem em caminhões que fazem uma cama de palha para não prejudicar as frutas. Depois de descarregar os produtos, esse material é descartado. **Em regiões agrícolas, com grande produção de cereais, como: arroz, milho, aveia, cevada ou trigo (gramíneas); também há abundância de palhas, sendo necessária uma articulação com os produtores para obtenção deste material.**

Aparas de grama, folhas, podas e galhos: podem ser obtidos na instituição responsável pelas podas do município ou com empresas particulares de jardinagem e manutenção.

Camas de animais: este material provém da **criação de cavalos, aves, roedores (cobaias de pesquisa), entre outros animais.** Nestes criadouros, [assim] como [em] áreas experimentais com cobaias em universidades, hípcas, haras, unidades avícolas, é realizada diariamente a limpeza dos resíduos dos animais. Em geral, se utiliza serragem no chão onde ficam os animais cujos excrementos se misturam com a serragem, sendo periodicamente trocada. Como o descarte desse resíduo pode ser problemático, pode ser feito um **acordo entre os interessados, para sua utilização como fonte de carbono para a compostagem.** Mas atenção: com a presença dos dejetos animais, a relação Carbono/Nitrogênio – C/N é reduzida pela maior quantidade de nitrogênio ofertado pela presença de urina e esterco. Portanto, deve-se usar uma porção menor desse material, comparado com o uso de serragem, por exemplo, quando [ele for] destinado à compostagem.

Silva *et al.* (2017, p. 27) ainda mencionam medidas e cuidados que devem ser tomados, em relação aos materiais estruturantes:

As matérias primas utilizadas no pátio de compostagem precisam ser de boa qualidade. Toda palha, aparas de grama e folhas devem ser provenientes de fontes limpas, sem a presença de outros materiais perigosos e contaminantes ou com lixo misturado. Para garantir este requisito, é sugerida uma formação e sensibilização voltada às parcerias que irão fornecer os materiais.

A serragem não pode ser proveniente de madeira tratada, por trazer prejuízos ao processo de compostagem, à segurança dos trabalhadores e à qualidade do composto. Quando a serragem for proveniente de hípcas ou aviário, deve ser encaminhada no mesmo dia que for retirada destes locais, evitando a formação de gases, que possam causar impacto de vizinhança, no momento de descarga no pátio de compostagem. [...]

Antes de iniciar as ações de compostagem, deve-se mapear as fontes de materiais estruturantes, estabelecendo parcerias e estratégias de emergência, até com compra destes, visto que a falta de serragem e palha irá provocar problemas no desenvolvimento da compostagem.

Nessa área, ainda é necessário que haja um triturador, para moer os galhos que venham da poda da cidade. Além disso, é importante que haja uma separação entre os materiais para as leiras, com função de cobertura, ou estruturantes externos, mais grosseiros, como, por exemplo, palha, grama, folhas e similares, e os estruturantes internos, mais refinados, como serragem e resíduos vegetais triturados.

5.6.2.4 Bombonas: áreas para lavação e armazenagem

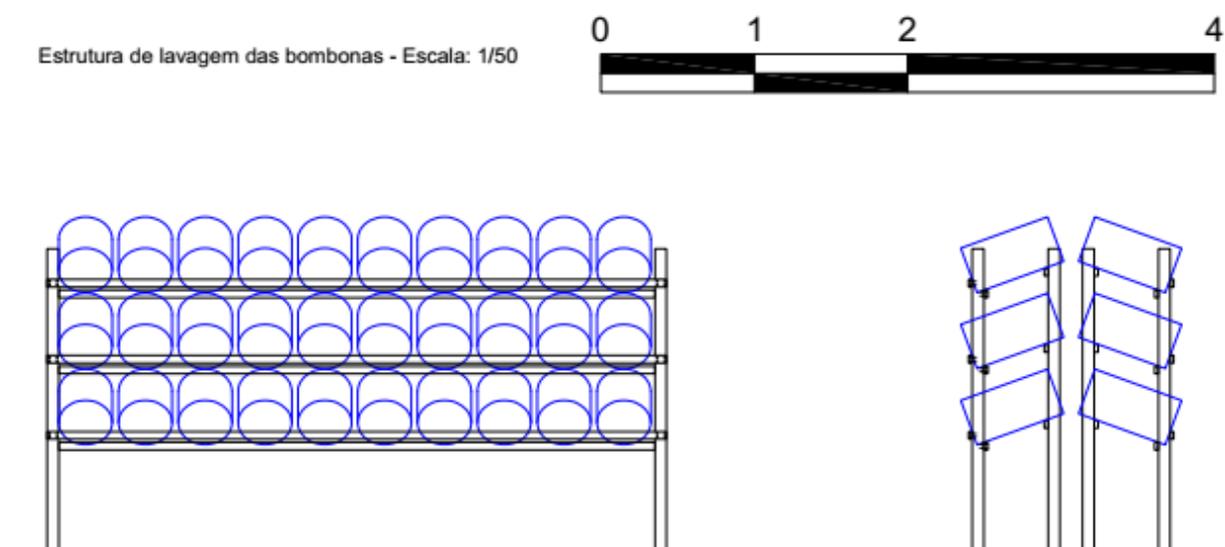
Para a lavação de bombonas, pode-se adotar o método utilizado no pátio de compostagem Destino Certo, visitado na cidade de Feliz e operado por Eduardo Rodrigues, idealizador deste trabalho. O método empregado, neste pátio, consiste na colocação das bombonas de coleta de resíduos em prateleiras, com inclinação tal que não permite que a água fique dentro da bombona (Figura 39). Elas são lavadas por um equipamento pressurizado. A Figura 40 mostra um esquema para a construção da estrutura de lavagem.

Figura 39 – Estrutura para lavagem de bombonas do pátio da Destino Certo



(fonte: foto do autor)

Figura 40 – Esquema da estrutura para lavagem de bombonas



(fonte: elaborada pelo autor)

5.6.2.5 Composto: áreas para peneirar, empacotar e armazenar

Para dimensionar essa área, o projetista deve considerar o volume de composto que será gerado. A área deve comportar os equipamentos de peneiramento e de ensacamento, assim como o composto pré-ensacado e ensacado. Ela deverá permitir, também, fácil trânsito até a rua ou à vaga de caminhão, quando for necessária, ou quando a área disponível comportar, para transferir o composto ensacado para o meio de transporte utilizado, para sua retirada do pátio.

5.6.2.6 Área verde de proteção

As áreas verdes de proteção são aquelas com a finalidade de proteger a vizinhança de algum tipo de inconveniente pela presença, próxima, de um pátio de compostagem. Segundo Silva *et al.* (2017, p. 26, grifo nosso):

A compostagem de pequeno porte, localizada no ambiente urbano, periurbano ou rural, deve ter como princípio o respeito pela vizinhança, para que **não cause nenhum transtorno e ganhe cada vez mais credibilidade para ser disseminada em outros locais**. Esse controle se relaciona a três **aspectos principais: visual, odores e ruídos**. Uma medida mitigadora e de grande importância, que atua diretamente nesses três aspectos, é a constituição de uma barreira verde, no entorno da área do pátio de compostagem.

Para planejamento e dimensionamento da barreira verde é importante analisar os ventos predominantes, para que as leiras fiquem em local estratégico. Ela deve apresentar diferentes extratos arbóreos e com plantas específicas para este fim, com alto poder de adensamento, adaptadas a cada região. É interessante a consorciação com árvores frutíferas, medicinais e de jardinagem, para aproveitar o espaço na produção de alimentos, conhecimento das plantas para saúde e no paisagismo.

Os conceitos da Ecopraça, citados anteriormente, estão todos interrelacionados nesse sentido, já que é possível fazer com que o entorno do pátio de compostagem tenha seu acesso irrestrito, possibilitando que a população acompanhe a compostagem e, ainda, usufrua das árvores frutíferas e de uma possível horta. Silva *et al.* (2017) indicam que deve haver, no mínimo, 20% da área do pátio de compostagem ocupada por uma área verde de proteção. Deve-se pensar no pátio a longo prazo, para que haja um planejamento do aumento gradual da vegetação. Os recuos dos pátios de compostagem devem ser planejados, de acordo com o seu porte (SILVA *et al.*, 2017). Orientações relativas a esses recuos podem ser identificados na Tabela 8.

Tabela 8 - Recuos do pátio, em relação ao porte

Porte	Quantidade tratada – QT (t/d)	Recuo mínimo, em relação ao limite do terreno(m)	
Pequeno porte	QT < 0,5	5	
	0,5 < QT < 2,0	10	
	2,0 < QT < 5,0	15	
	0,50 < QT* < 10,00	5,0 < QT < 7,5	20
	7,5 < QT < 10,0	25	
Médio Porte	10,0 < QT < 20,0	50	
	10,0 < QT < 30,0	20,0 < QT < 30,0	150
Grande Porte	30,0 < QT < 40,0	250	
	40,0 < QT < 50,0	350	
	QT > 30,0	QT > 50,0	450

(fonte: SILVA *et al.*, 2017)

5.6.3 Procedimentos operacionais dos pátios

É muito importante que, durante a dimensionamento do pátio, todos os itens acima estejam presentes. Porém, deve existir, também, o dimensionamento relativo à operação do pátio, que é tão importante quanto os anteriores. A operação mencionada aqui, inicia no momento em que a população, depois de separar a fração orgânica compostável, deposita-a nas bombonas, nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV), situadas na sua rua; e se encerra no momento de entrega do composto pronto, ao consumidor final.

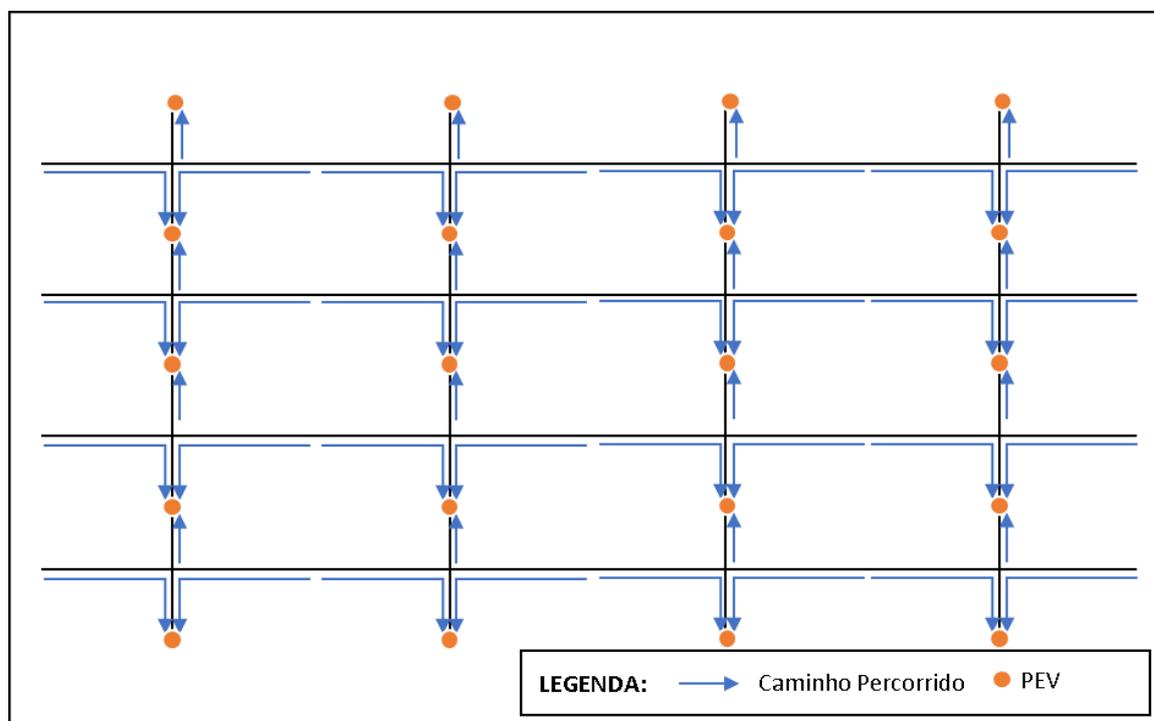
É necessário destacar alguns valores que foram assumidos como corretos, em relação ao trabalho no pátio de compostagem. Neste sentido, o ideal seria acompanhar as operações em um pátio, para que fosse possível verificar uma média do tempo real. Como não existem trabalhos locais desta natureza, foram propostos alguns valores, a partir das experiências observadas, mas que ainda não foram localmente mensuradas. Esses valores são muito importantes para que a estimativa de gastos, tanto com pessoal, quanto com materiais, seja condizente com a realidade.

5.6.3.1 Bombonas: posicionamento e coleta

A partir da quantidade de bombonas que sejam disponibilizadas, estas devem ser posicionadas adequadamente para a coleta dos resíduos. Esse posicionamento se

refere à distância que a população deve percorrer para fazer o descarte, pois a necessidade de percorrer um longo caminho poderia reduzir as chances de a população separar e depositar os resíduos. Considerando isto, e não tendo encontrado registro de referências, que oferecessem informações para a definição deste posicionamento, é aqui proposto um método simples. Para essa sugestão de localização dos PEV, foi utilizada uma imagem de satélite, para definição de tais pontos. Buscou-se não escolher pontos em locais com casas muito esparsas, admitindo-se que, em tais circunstâncias, os moradores teriam a possibilidade da compostagem caseira. A lógica utilizada na definição dos pontos é a apresentada na Figura 41: considerando que cidade tenha suas ruas na posição indicada, com declividades (no exemplo da figura), no sentido cima-baixo, formando um reticulado, os PEV seriam colocados, em sua maioria, nos pontos das vias identificados no desenho, tentando evitar que os moradores caminhem mais que uma quadra, para depositarem seus resíduos nas bombonas. Normalmente, as ruas não são perpendiculares entre si, mas deverá ser sempre oferecida aos moradores a possibilidade de lhes permitir percorrer pequenas distâncias.

Figura 41 – Proposta para definição dos posicionamentos dos PEV



(fonte: elaborada pelo autor, 2020)

Determinado o posicionamento dos PEV, o traçado do trajeto dos veículos de coleta deve ser estudado, considerando-se o posicionamento do pátio de compostagem na localidade. Deve-se dar preferência, caso seja possível, à criação de condições para que o pátio fique localizado em uma zona baixa, não inundável. Isto evitaria que o caminhão, já carregado, tivesse que trafegar numa rota de coleta que incluía subidas. Seguindo a mesma lógica, a coleta deve iniciar nos locais mais altos e, a partir destes, deve ser traçada a rota, evitando subidas, e concluindo o percurso no pátio de compostagem.

Após definido o traçado, com a distância estando definida, pode-se calcular o tempo de coleta. Propõe-se que o cálculo se baseie em uma velocidade média de 20 km/h, visto que o caminhão tem necessidade de acelerar e parar frequentemente, além de requerer tempo para efetuar a coleta da bombona cheia e sua substituição por uma vazia. Assumiu-se que esta coleta necessite de 1 minuto, por bombona, e que o tempo de descarga do caminhão seja de meio minuto, também por bombona. Este tempo, de 1,5 min, deve ser adicionado aos tempos de coleta no PEV e de descarga no pátio. O tempo de coleta das bombonas, assumindo estes valores, pode ser calculado pela fórmula 9:

$$t_{coleta} = \frac{d_{coleta}}{v_{coleta}} + b_{coleta} \cdot 1,5 \text{ min/bombona} \quad (\text{fórmula 9})$$

Onde:

t_{coleta} – tempo de coleta (*min*);

d_{coleta} – distância de coleta (*km*);

v_{coleta} – velocidade de coleta (*km/h*); e

b_{coleta} – bombonas coletadas (*unidades*).

5.6.3.2 Leiras: alimentação

Com relação ao tempo requerido para a alimentação das leiras, foram considerados os valores associados à mecanização, ou não, do pátio, assim como os processos que são apresentados, de forma detalhada, no Anexo C: mover a palha de cobertura para o lado da leira, de modo a formar uma parede lateral; adicionar os resíduos;

misturar o material depositado com o material já em decomposição; e cobrir a pilha com serragem e mais palha. No caso **de um pátio com operação manual**, considerou-se que **seriam requeridos 4 minutos, para a colocação do conteúdo de cada bombona na leira, e posterior realização das operações acima citadas**. Já, para o **caso de haver mecanização**, incluindo-se o uso de minicarregadeira, seria requerido um tempo de **2 minutos, por bombona (MAESTRI, 2020)**.

5.6.3.3 Bombonas: lavagem

Após a colocação dos resíduos nas leiras, será necessário lavar as bombonas, para que elas estejam disponíveis e secas, no dia seguinte, para substituírem as cheias, que vierem a ser coletadas com o auxílio do caminhão. O tempo de lavagem, **de cada bombona**, foi considerado como sendo de **meio minuto (0,5 min)**. Assim, o tempo total de lavagem é calculado pela fórmula 10:

$$t_{lavagem} = b_{diárias} \cdot 0,5 \text{ min} \quad (\text{fórmula 10})$$

Onde:

$t_{lavagem}$ – tempo para lavagem das bombonas (*min*)

$b_{diárias}$ – número de bombonas (*unidades*).

5.6.3.4 Materiais secos: coleta

Os materiais secos, utilizados como estruturantes na compostagem, devem ter sua coleta dimensionada. Este dimensionamento poderá ser feito com precisão, uma vez conhecidos os seus fornecedores e a quantidade coletada, em cada um deles. Não sendo conhecidos esses dados, será necessário considerar uma distância média a ser percorrida até eles. Por exemplo, se for considerado um valor X, para a maior distância a percorrer para a coleta, pode-se inferir que, em média, a coleta será a uma distância X/2 (ou 0,5X), pois alguns fornecedores estarão próximos do pátio e outros estarão a X quilômetros. Além disso, deve-se calcular quantas cargas de caminhão serão realizadas e transportadas. Isto requer saber o volume de materiais secos a

serem transportados, que pode ser calculado pela fórmula 11, já anteriormente apresentada:

$$n_{viag.} = \frac{V_{est.ext.} + V_{est.int.}}{C_{Caçamba}} \quad (\text{fórmula 11})$$

Onde:

$n_{viag.}$ – número de viagens necessárias para a coleta de materiais estruturantes (*unidades*);

$V_{est.ext.}$ – volume de materiais estruturantes externos, a serem transportados, em um determinado período ($m^3/mês$);

$V_{est.int.} = V_{resíduos.}$ – volume de materiais estruturantes internos, a serem transportados neste período ($m^3/mês$); e

$C_{Caçamba}$ – capacidade da caçamba do caminhão utilizado (m^3).

Conhecidos a distância média percorrida, o volume de materiais a ser coletado, e admitindo que seja de 60 minutos o tempo de carga e descarga do caminhão, calcula-se o tempo para a coleta de materiais secos, pela fórmula 12:

$$t_{secos} = \frac{d_{secos}}{v_{secos}} + 1 \text{ hora} \quad (\text{fórmula 12})$$

Onde:

t_{secos} – tempo requerido para a coleta de materiais secos (*h*);

d_{secos} – distância média a ser percorrida para a coleta de materiais secos (*km*); e

v_{secos} – velocidade média do veículo realizando a coleta de materiais secos (*km/h*).

5.6.3.5 Estruturação interna das leiras: trituração de galhos

Os galhos e outros elementos vegetais resultantes da poda são materiais utilizados para a estruturação interna das leiras. Quando tais materiais excedem a determinadas dimensões, eles devem ser triturados. O tempo requerido para a sua trituração dependerá do volume de materiais submetidos a este processo. Para a definição

deste tempo, por segurança, assume-se que tais materiais possuam o mesmo volume que os materiais necessários para a estruturação externa, podendo, assim, ser estimada uma taxa de rendimento para o equipamento triturador. A fórmula 13 apresenta esse cálculo:

$$t_{\text{trituração}} = \frac{V_{\text{est.int.}}}{\eta_{\text{trituração}}} \quad (\text{fórmula 13})$$

Onde:

$t_{\text{trituração}}$ – tempo de trituração, a cada mês ($h/mês$);

$V_{\text{est.int.}} = V_{\text{resíduos}}$ – volume de materiais estruturantes internos, a serem triturados por mês ($m^3/mês$); e

$\eta_{\text{trituração}}$ – rendimento do triturador (m^3/h).

5.6.3.6 Composto: peneiramento e ensacamento

O tempo requerido para o peneiramento e ensacamento do composto, assim como o tempo requerido para a sua trituração, é obtido a partir da divisão do volume de composto, pelo rendimento da peneira elétrica.

Segundo Inácio e Miller (2009, p. 37), “[...] a perda de carbono, através de CO_2 , e a intensa perda de vapor (umidade) são responsáveis por reduções de 25-50%, no volume, e [de] 40-80%, no peso total”. Como esses dados são muito variáveis, consultou-se as informações disponibilizadas pelo CEPAGRO (2016a), bem como junto ao operador do pátio de compostagem Destino Certo (RODRIGUES, 2020). As duas fontes informam que a massa do composto resultante equivale a, aproximadamente, 25% da massa de resíduos. Segundo Maestri (2020), a densidade do composto pode ser considerada como 600 kg/m^3 . Conhecidos esses valores, é possível calcular, pela fórmula 14, a quantidade de composto gerada, em seis meses após o início da recepção dos materiais compostáveis:

$$m_{\text{composto}} = 0,25 \cdot m_{\text{resíduos}} \quad (\text{fórmula 14})$$

Onde:

$m_{composto}$ – massa do composto gerado (kg); e

$m_{composto}$ – massa de resíduos recebidos (kg).

A massa de resíduos recebidos corresponde ao total acumulado durante dois meses, em que uma leira ou uma bateria de leiras é alimentada. Para obtenção do volume correspondente, divide-se a massa de composto pela sua densidade, que, segundo Maestri (2020), é de 600 kg/m³. O tempo para peneiramento e ensacamento pode, então, ser calculado pela fórmula 15:

$$t_{penei. e ensac.} = \frac{V_{composto}}{\eta_{peneiramento}} + \frac{V_{composto}}{\eta_{ensacamento}} \quad (\text{fórmula 15})$$

Onde

$t_{penei. e ensac.}$ – tempo total requerido para peneiramento e ensacamento (h);

$V_{composto}$ – volume do composto (m³) = $\frac{m_{composto} (kg)}{600 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}$;

$\eta_{peneiramento}$ – rendimento do peneirador (m³/h); e

$\eta_{ensacamento}$ – rendimento do ensacador (m³/h).

5.6.3.7 Fertilizante líquido: volume gerado

Como já mencionado anteriormente, a geração de fertilizante líquido, nas leiras, é de **0,50 litros por dia, por metro quadrado de leira**, segundo Inácio e Miller (2009). Com essa taxa de produção, é possível calcular o volume de fertilizante líquido gerado. A geração mensal é calculada pela fórmula 16:

$$V_{fert. líquido} = 0,5 \frac{l}{dia \cdot m^2} \cdot 31 dias \cdot A_{leira} \cdot n_{leiras} \quad (\text{fórmula 16})$$

Onde:

$V_{fert. líquido}$ – volume de fertilizante líquido gerado, por leira (l);

A_{leira} – área da leira (m²); e

n_{leiras} – número de leiras (unidades).

O cálculo do tempo de bombeamento requer o conhecimento do rendimento deste equipamento. A fórmula 17 indica como calculá-lo:

$$t_{bombeamento} = \frac{V_{fert. líquido}}{\eta_{bomba}} \quad (\text{fórmula 17})$$

Onde:

$t_{bombeamento}$ – tempo requerido para o bombeamento do fertilizante líquido (h);

$V_{fert. líquido}$ – volume de fertilizante líquido, por leira (l); e

η_{bomba} – rendimento da bomba (m^3/h).

5.6.3.8 Organização do pátio: tempo para as tarefas necessárias

É necessário destinar um tempo para as tarefas de organização do pátio, reservando-se um intervalo (“folga”) entre as diferentes atividades, cujos tempos de execução foram estimados. Além disso, é necessário realizar um monitoramento das atividades (diário, semanal e mensal), como indicado por Silva *et al.* (2017), e apresentado no Anexo D. Além dos tempos já definidos, sugere-se o acréscimo de **uma hora**, por dia de trabalho, para esse trabalho de monitoramento e para ocasionais imprevistos.

5.6.4 Pátios de compostagem com leiras: orçamento e viabilidade financeira

Um orçamento preliminar é sempre desejável, para que se antecipe o custo efetivo das operações a serem desenvolvidas. Para tanto, é importante que se antecipe os gastos a serem efetivados, incluindo-se aí aqueles associados à implantação do pátio de compostagem, assim como os gastos associados ao seu funcionamento e manutenção. Para um estudo da viabilidade econômica, deve-se calcular: o valor do investimento necessário para sua implementação; a economia consequente da menor quantidade de resíduos dispostos em aterro; a economia com a minimização do transporte; e os ganhos resultantes da geração do composto. São apresentados, abaixo, sugestões de como calcular esses valores.

5.6.4.1 Implantação do pátio de compostagem

Tendo-se o projeto do pátio de compostagem pronto, pode-se orçar os gastos para a construção das instalações necessárias, incluindo o preparo da área para implantação das baterias de leiras. Em orçamentos de obras civis, são incluídos os materiais e a mão de obra (observando se o órgão público responsável usa, ou não, mão de obra própria nesses serviços); os equipamentos e outros materiais permanentes. Neste caso específico, devem ser adicionados os valores dos serviços e materiais requeridos para a instalação das baterias de leiras.

No presente trabalho, pela falta de dados mais precisos, o orçamento foi baseado em informações de custos divulgados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi). Diante da possibilidade de inexistência de algum item neste Sistema, foram comparados três orçamentos (incluindo frete), sendo considerado o mais barato. Para um melhor entendimento do que seja o Sinapi, vale referir o constante em IBGE (2020), onde consta que ele:

[...] tem por objetivo a produção de séries mensais de custos e índices para o setor habitacional, e de séries mensais de salários medianos de mão de obra e preços medianos de materiais, máquinas e equipamentos e serviços da construção para os setores de saneamento básico, infraestrutura e habitação. O Sistema é uma produção conjunta do IBGE e da Caixa Econômica Federal – Caixa, realizada por meio de acordo de cooperação técnica, cabendo ao Instituto a responsabilidade da coleta, apuração e cálculo, enquanto à CAIXA, [cabe] a definição e manutenção dos aspectos de engenharia, tais como projetos, composições de serviços etc. As estatísticas do Sinapi são fundamentais na programação de investimentos, sobretudo para o setor público. Os preços e custos auxiliam na elaboração, análise e avaliação de orçamentos, enquanto os índices possibilitam a atualização dos valores das despesas nos contratos e orçamentos.

O orçamento deve ser o mais detalhado possível, prevendo todos os itens que garantam a operação correta do pátio de compostagem. Sugere-se que os custos sejam estimados contemplando:

- a) **materiais** – equipamentos para o bom funcionamento do pátio: facões, pás, forcados de quatro pontas, vassouras, rodos, enxadas, termômetros e carrinhos de mão (BRASIL, 2017a), carrinho para movimentar as bombonas no pátio, triturador elétrico, balança, peneira elétrica, ensacadeira, minicarregadeira, caminhão e carroceria;

- b) **drenagem das leiras** – sistema para que se possa coletar o fertilizante líquido, evitando a sua infiltração no solo, de modo a evitar possíveis problemas ambientais;
- c) **lavagem das bombonas** – estrutura baseada no método de lavagem desenvolvido no pátio de compostagem da Destino Certo (apresentado anteriormente); e
- d) **estruturas civis** – construções requeridas para o pátio: fundações; alvenarias e telhados; instalações elétricas e hidrossanitárias; e cerca.

O orçamento deverá conter um programa de aplicação de recursos, de acordo com a evolução da implantação do pátio de compostagem.

5.6.4.2 Funcionários e EPI

A carga horária de trabalho e quantidade de trabalhadores, também deverá ser estabelecida, conforme a evolução da implantação do pátio de compostagem. As únicas atividades que necessitam de mais que uma pessoa são as associadas à coleta dos resíduos – um motorista e um coletor – e à alimentação da leira, que requer dois trabalhadores, para a “virada” das bombonas (colocação dos resíduos nas leiras). Caso o pátio venha a ficar sob a responsabilidade da administração pública, deverão ser contratados funcionários, por concurso, seguindo as legislações relacionadas – Estatuto dos Servidores, Plano de Carreira e Regime Jurídico. Já, no caso de o pátio ser privado, deve-se seguir a orientação do TCE-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2019b): o orçamento da mão de obra deverá incluir o piso salarial – resultado de convenções coletivas; adicional de insalubridade; adicional noturno (quando for o caso); hora extra; descanso semanal remunerado; vale-transporte; vale refeição; retenção previdenciária; e encargos sociais.

A disponibilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) é de responsabilidade do empregador. Sobre o orçamento de tais equipamentos, o documento orientador do TCE-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2019b, p. 112) menciona:

Uma vez determinada a quantidade de trabalhadores, para cada categoria exigida na execução do contrato, é necessário que o projeto básico, para cada função de trabalho prevista, **liste os EPIs e os itens que integram o uniforme, assim como, para cada elemento relacionado; estime a durabilidade, em meses; e o custo unitário médio praticado no mercado.**

Preferencialmente, o projeto básico deverá citar as **fontes técnicas que fundamentam as definições sobre a tipologia e a durabilidade dos EPIs e uniformes**. A literatura técnica (livros, periódicos, artigos) ou laudos técnicos elaborados por profissionais habilitados na área de saúde e segurança do trabalho são boas fontes de consulta. Como exemplo, cita-se o portal da “Revista Proteção”, dentre outras, e os sites dos fabricantes de EPIs.

De posse dessas informações, a Planilha Orçamentária deverá ser elaborada, de forma a totalizar o custo mensal com EPIs e uniformes, para cada função e para a totalidade dos trabalhadores previstos. Ressalta-se, contudo, que o orçamento deve evidenciar os custos unitários médios considerados, para cada EPI e cada item do uniforme. (grifo nosso)

A planilha modelo – anexa ao documento do TCE-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2019b) – sugere os itens mínimos para segurança do coletor: jaqueta com reflexivo (NBR 15.292); calça; camiseta; boné; botina de segurança, com palmilha de aço; meia de algodão, com cano alto; capa de chuva amarela, com reflexivo; colete reflexivo; luva de proteção; protetor solar FPS 30; e, higienização de uniformes e EPIs.

5.6.4.3 Água

Os únicos processos que envolvem água no pátio estão associados ao uso de banheiro e à lavagem das bombonas. O consumo diário, por pessoa, em edifícios públicos, de acordo com a NTS 181 (SABESP, 2017), é de 50 litros. A partir do número de funcionários do pátio, é possível se estimar o consumo diário. Para o cálculo do número de dias de trabalho, por mês, foi empregada a seguinte equação:

$$\text{dias de trabalho} = \frac{5 \text{ dias úteis}}{7 \text{ dias}} \cdot 31 \text{ dias} = 22,14 \text{ dias}$$

Já, para o cálculo do consumo de água para lavagem das bombonas, considerou-se uma lavadora de alta pressão, que tem consumo de 360 litros, por hora (ou 6 litros, por minuto). Como a lavagem de cada bombona requer um tempo médio de meio minuto, o consumo mensal associado é (fórmula 18):

$$C_{\text{água}} = b_{\text{diárias}} \cdot \frac{f_{\text{semanal}}}{7 \text{ dias}} \cdot 31 \text{ dias} \cdot 0,5 \text{ min} \cdot 6 \frac{\text{l}}{\text{min}} + 22,14 \text{ dias} \cdot n_{\text{func.}} \cdot 50 \frac{\text{l}}{\text{trab}} \cdot C_{\text{composto}} \quad (\text{fórmula 18})$$

Onde:

$C_{\text{água}}$ – consumo mensal de água (m^3);

f_{semanal} – frequência semanal de lavagens (*adimensional*); e

$n_{\text{func.}}$ – número de funcionários (*trabalhadores*)

5.6.4.4 Energia elétrica

O consumo de energia elétrica é estimado pelo produto da potência de cada equipamento, pelo tempo de seu uso, em horas, adicionado do consumo de eletricidade para iluminação, que deverá ser estimado considerando o tempo associado ao uso de cada lâmpada (fórmula 19):

$$C_{\text{energia}} = t_{\text{lavagem}} \cdot P_{\text{lavadora}} + t_{\text{trituração}} \cdot P_{\text{tritador}} + \frac{V_{\text{composto}}}{\eta_{\text{peneiramento}}} \cdot P_{\text{peneira}} + \frac{V_{\text{composto}}}{\eta_{\text{ensacamento}}} \cdot P_{\text{ensacadora}} + t_{\text{bombeamento}} \cdot P_{\text{bomba}} + t_{\text{luz acesa}} \cdot P_{\text{total das luzes}} \quad (\text{fórmula 19})$$

Onde:

C_{energia} – consumo de energia (kWh);

P_{lavadora} – potência da lavadora (W);

P_{tritador} – potência do triturador (W);

P_{peneira} – potência da peneira elétrica (W);

$P_{\text{ensacadora}}$ – potência da ensacadora (W);

P_{bomba} – potência da bomba (W);

$t_{\text{luz acesa}}$ – tempo de luz acesa (h); e

$P_{\text{total das luzes}}$ – potência total das lâmpadas (W).

5.6.4.5 Transporte

O documento de orientação, do TCE-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2019b), apresenta o método de cálculo dos custos envolvidos com transporte, incluindo:

- a) compra do veículo: no caso do presente trabalho, o custo de compra estaria incluído no orçamento de materiais permanentes;
- b) custos fixos mensais: depreciação, remuneração de capital – no caso de uma empresa privada, adicionados de impostos e seguros;
- c) custos variáveis (baseados na quilometragem mensal do conjunto de veículos utilizados): consumo de combustível, óleos, filtros, lubrificantes, pneus e manutenção.

Todos os dados de rendimento dos veículos deverão ser estimados, com base na frota existente ou na bibliografia. Os custos unitários deverão ser orçados considerando os preços de mercado dos diferentes produtos.

5.6.4.6 Manutenção

É importante que haja uma contínua manutenção preventiva, de modo a minimizar o risco de ocorrência de falhas. É difícil prever exatamente o custo de manutenção dos materiais duráveis – equipamentos, em geral. Assim, deve se prever uma porcentagem do custo de aquisição, para fins de manutenção anual dos bens materiais.

5.6.4.7 Economia gerada com a coleta de resíduos

Para calcular a economia resultante da coleta de resíduos, deverá ser identificado o custo, para a prefeitura, de cada tonelada de resíduos coletada. Para obtenção desse valor, é indicado que se procure o valor no Portal da Transparência do Município, e, caso não seja encontrado, a Prefeitura é obrigada a disponibilizar tal dado, mediante pedido baseado na Lei da Transparência – Lei Complementar nº 131 (BRASIL, 2009). Algumas prefeituras fazem o contrato por preço fixo (independentemente da quantidade de resíduos coletada), e outras, por preço unitário (valor por tonelada). Se o contrato for por preço fixo, de posse do valor contratado, será necessário identificar a quantidade de resíduos média coletada, para que, então, seja estimado o seu custo, por tonelada, para o poder público. A economia com a coleta de resíduos, então, será

diretamente proporcional à quantidade de resíduos não direcionados ao aterro (fórmula 20):

$$E = Q_{compostada} \cdot C \quad (\text{fórmula 20})$$

Onde:

E – economia gerada pelo desvio dos resíduos (R\$);

$Q_{compostada}$ – quantidade de resíduos compostados, em certo período de tempo (t/dia, t/mês ou t/ano); e

C – custo, por tonelada (R\$/t).

5.6.4.8 Valor do composto gerado

Além da economia gerada com a não destinação dos resíduos para aterros, o composto gerado tem um valor de venda. Mesmo que o composto não seja vendido, é importante que ele seja quantificado, dentro do balanço orçamentário. Se a compostagem for feita por empresa, provavelmente haja a venda. Em caso de a compostagem ser realizada pelo poder público, poderá haver diferentes destinos para o composto: doação para a população ou para pequenos produtores rurais; uso na jardinagem de praças e ruas; ou mesmo, a venda. A massa de resíduos compostados é calculada pela fórmula (13), possibilitando, assim, avaliar o valor gerado pela produção do composto (fórmula 21):

$$v_{composto} = m_{composto} \cdot C_{composto} \quad (\text{fórmula 21})$$

Onde:

$v_{composto}$ – valor total gerado pela produção de composto (R\$); e

$C_{composto}$ – custo de composto, por massa (R\$/t).

Deve-se observar que, neste trabalho, está sendo computado somente o valor do composto gerado, sem incluir o valor referente ao fertilizante líquido (lixiviado das leiras, rico em nutrientes, segundo INÁCIO E MILLER, 2009), que também é

produzido. A razão da exclusão deste valor está associada a incertezas referentes: à sua coleta; à forma de operação das leiras; e à própria dificuldade de quantificar o que será produzido e, assim, atribuir-lhe um valor.

5.6.4.9 Orçamento final e viabilidade financeira

O orçamento final deve ser apresentado em um quadro, tal como o Quadro 7, exemplificado abaixo, no qual são lançados os gastos e receitas anuais. Os gastos fixos, sendo estimados em base mensal – exceto a manutenção, que é anual – deverão ser multiplicados por doze meses, para a obtenção do gasto total anual.

Quadro 7 – Colunas sugeridas para o orçamento final

Ano	Economia	Composto	Bens móveis e imóveis	Gastos fixos							Total	Economia + Venda composto - Gastos fixos - Bens		Economia + Venda composto - Gastos fixos	
				Mensal					Manutenção anual	Anual		Acumulado	Anual	Acumulado	
				Salários e EPIs	Transporte	Água	Energia	Diesel minicarregadeira							
(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)		

(fonte: elaborado pelo autor)

Os gastos fixos, estimados mensalmente – exceto a manutenção, que é anual – deverão ser multiplicados por doze, para obtenção do gasto total anual. Os gastos fixos totais, correspondentes a um período anual (coluna 10), são calculados pela fórmula 22:

$$C_{fixos} = (C_{salários} + C_{transporte} + C_{água} + C_{energia} + C_{diesel}) \cdot 12 + C_{manutenção} \quad (\text{fórmula 22})$$

Onde:

C_{fixos} – custos fixos anuais (R\$);

$C_{salários}$ – custos fixos mensais com salários e EPIs (R\$);

$C_{transporte}$ – custos fixos mensais com transporte (R\$);

C_{diesel} – custos fixos mensais com diesel, para a minicarregadeira (R\$); e

$C_{manutenção}$ – custos fixos anuais com manutenção (R\$).

Propõe-se que a soma dos gastos e benefícios tenha duas colunas diferentes, uma que inclua os investimentos em bens, e outra sem eles (colunas 12 e 14, respectivamente). A inclusão, ou não, desses, será importante para que seja verificado o tempo de retorno do investimento feito pelo poder público **municipal**, para implementação do pátio de compostagem. Sugere-se essa separação, pois, em capítulo posterior, é sugerida a tentativa de obtenção de investimentos por editais, ou de outros entes da Federação. No caso em que haja esse investimento externo, os gastos que ficam por conta do município diminuem, de forma significativa, diminuindo o tempo de retorno do investimento a ser feito.

O cálculo dos valores acumulados ao longo dos anos (coluna 11 e coluna 13) é importante para demonstrar que, nos primeiros anos – mesmo sem a inclusão dos valores da compra dos bens –, a soma resultará em maior gasto que benefício, já que o pátio de compostagem não estará funcionando a plena operação. Essas colunas também ajudam a demonstrar em que ano os benefícios passam a superar os gastos: momento em que o município passa a gastar o mesmo valor, ou menos, que gastaria destinando seus resíduos ao aterro sanitário.

5.7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “ORÇAMENTO FINAL E VIABILIDADE FINANCEIRA”

O presente capítulo apresentou uma proposta de método de projeto, para a compostagem de resíduos orgânicos domésticos, para a municipalidade de Feliz, incluindo como: caracterizar os resíduos; fazer a separação da fração orgânica; implantar um processo de educação ambiental e seu acompanhamento; e, por último, dimensionar um pátio de compostagem, segundo o método UFSC.

Com base no que foi apresentado no presente capítulo e no anterior, sugere-se que, para a implementação da compostagem, em municípios de pequeno porte, sejam seguidos os seguintes passos:

- a) análise do Plano Municipal de Resíduos, ou outro Plano, que englobe resíduos (no caso do município de Feliz (RS), é o PMISB);
- b) análise da situação atual, bem como a projeção futura, relativamente a resíduos (quantidade gerada e caracterização dos resíduos);
- c) definição de estratégias para a separação da fração orgânica compostável; e
- d) proposta de implementação de um pátio de compostagem.

Alguns passos adicionais seriam requeridos para a aumentar as chances de sucesso de sua implementação, como:

- a) Exposição da estratégia proposta aos gestores públicos locais; e
- b) Aprimoramento das estratégias sugeridas, ao longo de sua implementação.

6 PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA A CIDADE DE FELIZ (RS)

O presente capítulo tem o intuito de apresentar os resultados obtidos nesta dissertação, detalhando as propostas feitas, com base na revisão bibliográfica apresentada e nas formulações anteriormente apresentadas.

6.1 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA À PREFEITURA

Nas atividades de pesquisa voltadas à municipalidade de Feliz, foi estabelecido um contato direto com a Agente Administrativa, locada no Departamento de Meio Ambiente do Município, Greice Athinas Kunrath Chaves. Esse contato foi fundamental para compreender a forma como vinha sendo realizado o gerenciamento de resíduos no Município e para se avaliar a possibilidade de propor avanços, em termos de sustentabilidade, ao sistema existente. Os contatos com a Prefeitura começaram em abril de 2019, tendo ocorrido a primeira reunião, para apresentação dos objetivos do trabalho, no dia 18 de julho de 2019, na Prefeitura Municipal. Desta reunião participaram, além de Greice Chaves, o então Secretário da Agricultura, e um representante da Secretaria de Desenvolvimento Econômico.

Nesta reunião, foi apresentado o tema da pesquisa e algumas ideias iniciais, para apreciação dos presentes. Nesta oportunidade, levantou-se a possibilidade de serem realizados estudos, em direção a uma proposição de pátios de compostagem, centralizados ou descentralizados, para aplicação no município. O Secretário da Agricultura sugeriu a proposição de um projeto-piloto, que fosse direcionado a algum bairro, que resultasse em um exemplo, a ser apresentado ao Poder Público, ao invés de se avançar em direção a uma proposta de projeto, que englobasse toda a parte urbana da Cidade. Além disso, foi sugerido que se buscasse direcionar a proposta, de modo a se constituir em um incentivo para que a compostagem já se iniciasse, de modo a reduzir custos ao Poder Público, e a aumentar a consciência ambiental da população. Ao encontro da sugestão de projeto-piloto do Secretário, o representante da Secretaria de Desenvolvimento Econômico sugeriu que a implantação se desse no bairro de Vila Rica, em conjunto com o campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), localizado no mesmo bairro.

Como resultados da reunião, foram traçadas as seguintes etapas, propondo:

- a) a obrigatoriedade de, gradualmente, a população ser conscientizada e iniciar a separação da fração orgânica dos resíduos domésticos;
- b) a construção de um Programa de Educação Ambiental, relacionado aos resíduos sólidos, incluindo: o incentivo à separação dos resíduos, em três frações e, particularmente, complementando-a com um estímulo à prática de compostagem caseira; e a construção de um questionário a ser aplicado ao público-alvo, para acompanhamento do comportamento e nível de consciência da população, no que concerne a este tema específico; e
- c) a implementação de um pátio, para a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos compostáveis, com uma unidade inicial no bairro Vila Rica, e aí oferecendo a possibilidade de seu acompanhamento por parte dos alunos do IFRS. Com tal implementação, o intuito visado é o de aumento gradual da quantidade de resíduos tratados, visando um horizonte, no qual, todos os resíduos compostáveis, gerados na área urbana, viessem a ser compostados.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

A empresa responsável pela coleta, transporte e destinação/disposição dos resíduos na municipalidade, permitiu que fosse executada a caracterização dos resíduos originários de Feliz, no seu pátio de transbordo, no município de Tupandi (RS). Neste trabalho, que trata da gestão dos resíduos orgânicos das zonas urbanas do Município, pretendeu-se, entre outras atividades, realizar a análise de composição gravimétrica dos resíduos orgânicos coletados.

As coletas na zona urbana da municipalidade ocorrem nas segundas, quartas e sextas-feiras, tendo por objeto os resíduos orgânicos. Já, nas terças e quintas-feiras, ocorre a coleta da fração de resíduos secos (Figura 29). Via o trabalho a ser realizado, pretendeu-se, adicionalmente, verificar a ocorrência de descartes realizados de forma inadequada, e, onde e quando ocorrente, avaliar a média do volume desses descartes. A consulta aos dados disponibilizados permitiu verificar que não há uma diferenciação quanto à quantidade de resíduos coletados, em cada modalidade de coleta, como pode ser observado no Apêndice B. A decisão de caracterizar apenas a parcela oriunda da zona urbana ocorreu devido ao fato de não haver coleta de resíduos orgânicos, na zona rural. A caracterização não pretendeu quantificar os

resíduos recicláveis (vidros, plásticos, metais, etc.), em separado, mas apenas separar, em três frações, os resíduos coletados: recicláveis secos; orgânicos compostáveis; e rejeitos.

Em função da indisponibilidade de mão de obra de apoio, a caracterização dos resíduos foi feita em apenas uma oportunidade, sem contar com o auxílio de servidores, no dia 26 de setembro de 2019. Foi registrado não ter havido a ocorrência de chuvas no local, nem no dia da caracterização, nem nos três dias anteriores. Segundo Fleck e Reichert (2016), em geral, em caracterizações com maior disponibilidade de tempo, elas são executadas, ao menos, em cada uma das estações do ano, para que possam ser avaliada uma eventual influência do clima no consumo e, em consequência, na geração de resíduos sólidos pela população.

Uma proposta de amostragem (Lima, 2006) é apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 – Planejamento da amostragem

Pontos de amostragem	4 (três na base e laterais, e uma no topo da pilha resultante da descarga)
Tipos de amostradores	Não aplicável
Número de amostras coletadas	4 amostras simples, de cada coleta (orgânica e seca)
Volumes de amostras	100 litros
Tipos de amostras (simples ou composta)	Composta (4 amostras simples, misturadas)
Número e tipo de frasco de coleta	Tambor, posteriormente transferido para sacos
Tempo de estocagem	2 dias, para a coleta “orgânica”, e 1 dia, para a coleta seletiva
Métodos de preservação	Não aplicável

(fonte: elaborado pelo autor)

A caracterização dos resíduos foi feita com base em método proposto por Consoni *et al.* (2018) e apresentado no subitem 5.1. Foram realizadas duas amostragens: uma, para os resíduos recicláveis; e outra, para resíduos orgânicos e rejeitos. Foi alterada a etapa 2, que recomenda romper os receptáculos. A coleta de amostras, em quatro tambores descarregados do caminhão (uma, no topo, e três, distribuídas na base e lateral da pilha, objetivando uma amostra o mais homogênea possível), foi realizada pelos trabalhadores da empresa responsável pela gestão de resíduos. O material ficou armazenado em sacos, até o momento de sua caracterização (Figura 42 e Figura 43).

Como a amostra não era grande e foi coletada de uma única pilha, decidiu-se utilizar estas amostras, sem quarteamento, pois já eram homogêneas.

Figura 42 – Resíduos da coleta de “secos”, acondicionada em sacos



(fonte: o autor)

Figura 43 – Resíduos da coleta de material orgânico, acondicionada em sacos



(fonte: o autor)

Uma rápida análise da amostra, permitiu que se fizessem as seguintes observações, relacionadas às suas características qualitativas:

- a) Há uma falta de informação, ou desinteresse/despreocupação, por parte da população, no sentido de separar de forma mais racional os resíduos.

Neste particular, identificou-se, entre os resíduos recicláveis, uma quantidade significativa de resíduos orgânicos e rejeitos, incluindo: papéis sujos, como guardanapos e caixas de pizza; resíduos de banheiro, como cotonetes e papel higiênico usado; e esponjas, como pode ser observado na Figura 44 e Figura 45. Tal procedimento resulta na contaminação dos resíduos recicláveis, em tal grau que, muitas vezes, impossibilita a sua reciclagem;

- b) Entre os resíduos de cozinha, observou-se a falta de separação entre materiais recicláveis e orgânicos – indicativo da existência de apenas um recipiente para os resíduos na cozinha, inviabilizando o seu aproveitamento;
- c) Alguns resíduos foram encontrados muito bem separados, em sacolas de maior tamanho; no entanto, misturados e contaminando outros resíduos, que poderiam ser reciclados;
- d) Em nenhuma das sacolas analisadas foi verificado um procedimento de separação 100% correto;
- e) Da mesma forma, nos resíduos da coleta orgânica, também foram encontrados resíduos recicláveis – mais um indicativo de falta de conhecimento sobre a forma de correta separação.

Figura 44 – Sacola, com resíduos da coleta “seca”



(fonte: o autor)

Figura 45 – Sacola, com resíduos da coleta “seca”



(fonte: o autor)

Os resultados da análise quantitativa da amostra coletada são apresentados na Tabela 9. Tais dados corroboram as impressões referidas anteriormente, identificando uma dificuldade de avaliação, ou desinteresse, em direcionar adequadamente os resíduos a serem coletados.

Tabela 9 - Resultado da caracterização quantitativa da amostra analisada

Coleta →	Reciclável		Orgânica		Total (Reciclável+ Orgânica)	
Tipo ↓	Massa (kg)	Fração	Massa (kg)	Fração	Massa (kg)	Fração
Rejeito	23,00	33,97%	34,50	53,60%	57,50	43,54%
Facilmente biodegradável	9,50	14,03%	17,10	26,57%	26,60	20,14%
Potencialmente reciclável	35,20	51,99%	12,76	19,83%	47,96	36,32%
Total	67,70		64,36		132,06	

(fonte: elaborado pelo autor)

No que concerne à quantidade gerada de resíduos facilmente biodegradáveis, se comparada àqueles gerados em Porto Alegre (RS), verifica-se que a porcentagem destes é bem menor em Feliz (RS), onde foram identificados, como orgânicos compostáveis: 26,57% da coleta orgânica e 14,03% da coleta reciclável, em comparação a 61,27%, da coleta orgânica, em Porto Alegre (RS) (FLECK; REICHERT, 2016), e 51,40% do total, no Brasil (BRASIL, 2012). Vários motivos podem ser elencados para explicar tal fato:

- a) o não rompimento dos receptáculos e quarteamento da amostra homogênea, no momento da coleta da amostra;
- b) o emprego de parte dos resíduos facilmente biodegradáveis, para fins de compostagem, nas próprias residências;
- c) que a amostra analisada não seja representativa do que efetivamente ocorre na municipalidade.

Pela falta de dados estatisticamente representativos sobre a real composição dos resíduos presentes nas coletas reciclável e orgânica, não é possível emitir conclusões confiáveis a respeito dos dados constantes na coluna de totalização, da Tabela 9, de modo a se poder apontar a porcentagem real de cada fração.

Quanto ao pátio de transbordo e local de triagem, é importante mencionar que este não possuía uma balança para caminhões; ou seja, as cargas provenientes de distintos municípios eram acumuladas, sem diferenciação quanto à sua origem específica, sendo, após segregação, destinadas ao aterro sanitário ou à reciclagem. Ademais, a empresa responsável pelo serviço não efetuava um registro preciso sobre a quantidade de resíduos coletados, pelo menos até setembro de 2019, pois só possuíam registros sobre a quantidade total média aterrada e reciclada, para a

totalidade dos resíduos originários dos distintos municípios da região. O local receptor dos resíduos colocou em operação uma balança, somente a partir de setembro de 2019 (FLACH, 2019). O uso de balanças é de suma importância para que os municípios tenham acesso a dados individualizados, e, assim, possam ser melhor informados sobre a real situação de seus municípios, no que concerne à geração de resíduos.

Segundo informações obtidas com Gerson Flach, Técnico Ambiental da empresa de coleta, relacionadas à destinação de resíduos do município de Feliz (RS), ambas as coletas de resíduos do Município passam pela esteira de triagem. A necessidade desta operação, para todos os resíduos, justifica-se por não haver separação correta, por parte da população, e um volume considerável de resíduos recicláveis acabar sendo coletado conjuntamente aos orgânicos e rejeitos, em adição ao fato de não haver coleta de recicláveis na área rural. Desta forma, é essencial que a Prefeitura se empenhe em aumentar a frequência com que caracteriza os resíduos coletados na municipalidade, para que, deste modo, possa aprimorar o seu sistema de gestão de resíduos sólidos, e, de posse de dados mais precisos sobre os quantitativos de rejeitos, resíduos orgânicos compostáveis e recicláveis, possa avançar no estabelecimento de metas a serem alcançadas.

6.3 MEDIDAS PROPOSTAS AO MUNICÍPIO

A partir de reunião realizada com os gestores do Departamento do Meio Ambiente, da Secretaria de Agricultura e da Secretaria do Desenvolvimento Econômico de Feliz, foram propostas três ações, já apresentadas no item 6.1.

6.3.1 Separação da fração orgânica dos resíduos

A separação da fração orgânica, além de desviar do aterro sanitário produtos que podem ter um fim mais nobre, favorece, também, a reciclagem, pois, ao menos na zona urbana, onde há coleta seletiva, deixaria mais clara a existência de três frações distintas, impedindo a mistura dos resíduos úmidos com os secos recicláveis. Como recomenda o Manual de Compostagem: “[...] quanto menos resíduo orgânico chegar

nas centrais de triagem, mais fácil e higiênica será a separação dos resíduos secos e melhores serão as condições de trabalho dos catadores” (BRASIL, 2017a). Essa separação também poderá se constituir em fonte de matéria prima aos moradores, para a implementação da compostagem caseira ou comunitária.

Cabe ressaltar que não se está propondo, neste estudo, que o Município implemente, de imediato, um sistema de coleta, em separado, para a fração compostável dos resíduos sólidos. Porém, como ressaltado ao tratar da caracterização dos resíduos, o simples fato de os resíduos compostáveis serem separados em sacolas distintas aumentará a possibilidade de o município aprimorar o seu processo de reciclagem.

6.3.2 Programa de Educação Ambiental

Para avançar em ações direcionadas a uma separação otimizada de resíduos, há a necessidade de aprimorar a educação ambiental dos munícipes e, neste sentido: a população deve receber informações sobre procedimentos esclarecedores e orientadores para tal. **A coleta de resíduos em três categorias deve ser amplamente difundida, e implementada em um ritmo que permita a sua apropriação pela população**, esclarecendo quais resíduos podem ser adicionados a cada fração. Para este fim, muito contribuiria a implementação de um Programa de Educação Ambiental, acompanhado por um programa de monitoramento, que mensure a sua efetiva apropriação pela população, ao longo do tempo.

6.3.2.1 Programa de Educação Ambiental: proposta ao Município

Com base na Lei 9.795 (BRASIL, 1999), que trata da Política Nacional de Educação Ambiental, já referida, bem como na estratégia 6¹⁸, da diretriz 1, da seção 4, do PNRS (BRASIL, 2012), relacionada a RSU, e a outras referências constantes no presente trabalho, sugere-se que o Município desenvolva um Programa de Educação Ambiental, nos âmbitos do **ensino formal e não formal**, tratando especificamente de resíduos sólidos, no sentido de promover avanços em direção a uma melhor

¹⁸ A estratégia 6 faz referência às atividades de educação ambiental, para todos os envolvidos na gestão dos resíduos, do consumidor ao gestor, no sentido de mostrar a importância da separação na fonte e da possível compostagem domiciliar e de seus produtos (BRASIL, 2012).

separação e conseqüente melhor destinação e disposição de resíduos. É de suma importância que a construção de tal Programa seja feita de forma multidisciplinar.

No âmbito da **educação formal**, o Programa poderia propor mecanismos de educação ambiental, já na escola. Tais mecanismos poderiam ser fundamentados nas propostas do PMISB, que, com relação aos resíduos sólidos orgânicos, propõe que sejam abordados os seguintes temas: “[...] tratamento e produção de compostos orgânicos [...]” e “[...] educação ambiental e nutricional [...]”. Já, com relação aos resíduos sólidos, de forma mais ampla, o PMISB almeja estimular, por meio da educação ambiental, o “[...] consumo consciente e [a] redução do volume de resíduos gerado [...]” (FELIZ, 2012, p. 125-126).

Além da introdução desta temática no ensino formal, há, também, a necessidade de um programa de **educação ambiental não-formal**, direcionado à população, em seu todo. Isto pode ser realizado via: meios de comunicação; programas de extensão do ensino formal voltados à sociedade; e empresas públicas e privadas. Em um programa de educação ambiental, para que seu resultado seja efetivo, é essencial que ele seja direcionado à toda a população.

Sugere-se, para o efetivo atingimento de tais metas, que os principais difusores e executores do Programa sejam os professores das escolas do Município. Adicionalmente, caberá ao Poder Executivo, o apoio a iniciativas que empreguem material gráfico, a ser distribuído ou fixado em locais de grande afluência de pessoas, e a capacitação, nesta direção, dos agentes municipais de saúde, uma vez que esses têm contato direto e regular com a população.

Os professores seriam os responsáveis por transmitir aos alunos os procedimentos mais adequados, os quais, por sua vez, tornar-se-iam multiplicadores do conhecimento. Os materiais gráficos poderiam ser elaborados na forma de folders explicativos, para serem distribuídos à população, como já efetuado anteriormente no Município (FELIZ, 2012), assim como com cartazes, a serem distribuídos nos estabelecimentos comerciais e públicos, para que se possa divulgar à população, de forma ampla, tais procedimentos. Além desses meios de compartilhamento de informações, poderiam ser promovidas oficinas e minicursos, informando sobre como

proceder para a separação das três frações, e para a compostagem da fração orgânica. Verificou-se, em procedimentos nesta direção, na União Europeia (2000, p. 10-11, grifo e tradução nossa), que

[...] o fator determinante para o seu [da implementação da separação da fração compostável] êxito foi a eficácia da campanha publicitária e de informação. O objetivo das campanhas era, geralmente, o de assegurar a participação dos munícipes e [de] outras entidades interessadas, desde o início dos projetos, de modo a [procurar] assegurar uma excelente aceitação e elevada taxa de participação. Os vários sistemas utilizaram diversos métodos publicitários, para informar adequadamente a população, garantindo, deste modo, o sucesso do circuito de recolha seletiva.

Por exemplo, o sistema de Montejurra, na Espanha, foi alvo de uma campanha publicitária intensa, que consistiu no envio de cartas aos munícipes, apresentações em aldeias e cidades, campanhas nas escolas e lares e colocação de anúncios, nos jornais, televisão e rádio.

A compostagem é, geralmente, bem aceita pela população local, leva à criação de empregos e a um sentimento de bem-estar e respeito pelo ambiente. As campanhas publicitárias devem se concentrar nestes pontos chave.

O desenvolvimento de estudos, pesquisas e experimentações vem ao encontro da proposta de um pátio de compostagem. Em sua fase inicial, seria executado como experimento, com a possibilidade de realização, em conjunto, com o IFRS, já que a experiência poderá se constituir em objeto de estudos e pesquisas para os alunos desta Instituição de Ensino. O pátio também poderá receber alunos do ensino básico (infantil, fundamental e médio), complementando o conhecimento transmitido em classe pelos professores. Tal projeto poderá servir, então, como uma prática inicial, para a implementação de um pátio centralizado, no município.

6.3.2.2 Programa de Educação Ambiental: acompanhamento da efetividade

A Lei 9.795 (BRASIL, 1999), no inciso IV, do art. 8º, destaca a necessidade de “[...] acompanhamento e avaliação [...]”. Nesta direção, seria desejável a implantação de um método de avaliação da efetividade das políticas de educação ambiental do Município. Poderão ser utilizados métodos indiretos de aferição, como a caracterização sistemática dos resíduos coletados. Tal ação poderia ser realizada, em conjunto com a pesagem de todas as cargas, quantificando as diferentes frações, de modo a identificar a efetividade do programa de educação ambiental, junto à população, no que tange à disposição correta de seus resíduos. Outra possibilidade,

seria a de construção e aplicação de questionários, para identificação do comportamento da população, em um determinado instante, e sua reaplicação em momento posterior, com a finalidade de avaliar, por método direto, a efetividade do Programa de Educação Ambiental. É interessante que, no ato da entrevista, seja também entregue um folheto informativo, contendo instruções sobre os materiais a serem destinados a cada fração dos resíduos.

A proposição de um Programa de Educação Ambiental, não está no escopo deste trabalho, pretendendo-se, tão somente, estimular o início de discussões a respeito.

Como método de acompanhamento do processo de educação ambiental, este trabalho sugere a **aplicação recorrente de um questionário, que avalie a efetividade das propostas aplicadas, na promoção de avanços nos hábitos da população**. Uma sugestão de questionário, bem como uma fundamentação de sua elaboração e posterior aplicação, mesmo que carecendo, ainda, de um maior aprofundamento e detalhamento, são apresentados a seguir, nos Quadros 9 e 10.

Quadro 9 – Fundamentos para a elaboração do questionário

Hipóteses	Não se aplica
Objetivo geral	Criar um questionário para verificar o comportamento da população, frente aos RS urbanos, que possa guiar a Prefeitura de Feliz (RS) na criação e manutenção de um programa de educação ambiental, e que possa ser reaplicado periodicamente, para verificação de avanços em sua efetivação.
Questões a serem avaliadas junto à população de Feliz (com resultados expressos em % da população)	Número de domicílios onde há a segregação correta entre resíduos recicláveis e orgânicos (incluindo rejeitos e orgânicos biodegradáveis).
	Número de domicílios onde há separação correta de resíduos.
	Número de domicílios praticando a compostagem de seus resíduos orgânicos.
	Número de domicílios manifestando disposição em separar a fração orgânica, em: orgânica biodegradável (restos de comida) e rejeitos (resíduos que não são passíveis de reciclagem ou tratamento).
Fonte de dados - qualitativos	Primária - funcionários do município e da empresa de coleta; e Secundária - dados de coleta do município e bibliografia.
Tipo de pesquisa	Quantitativa
Tipo de questionário	Fechado
Meio de coleta	Pessoal – físico
População do estudo	População urbana da cidade de Feliz (RS) - em torno de 10 mil pessoas.
Tipo de amostragem	Aleatória simples

(fonte: elaborado pelo autor)

O tamanho da amostra foi calculado a partir da fórmula 1, assumindo uma margem de erro de 5%, um nível de confiança de 95% (resultando em um escore “z”, de 1,96) e assumindo uma população urbana de 10.000 pessoas. Os cálculos indicaram que o questionário deveria ser aplicado a 370 pessoas. A definição sobre a composição da amostra, deverá ser feita em conjunto com a Prefeitura, criando-se um protocolo, que será utilizado em cada nova aplicação do questionário, para que haja comparabilidade científica dos resultados. Na medida do possível, a assessoria de um especialista em Estatística seria desejável. Conforme informado pela Agente Administrativa da Secretaria do Meio Ambiente, Chaves (2020), a Prefeitura não dispõe de pessoal para a aplicação do questionário, porta a porta. Sua sugestão foi a de sua aplicação via estudantes, que levariam o questionário para suas residências, para seus pais responderem.

O questionário elaborado é apresentado no Quadro 10. No cabeçalho deverá ser identificada a pessoa que venha a aplicar o questionário. Caso, como mencionado acima, o questionário seja enviado para os pais, deverá haver uma adaptação do texto. O perfil do respondente é importante, para que permita identificar eventuais falhas e acertos do Programa de Educação Ambiental.

A proposta, no que concerne ao questionário sugerido, que se pretende seja avaliado pela Prefeitura, é o de disponibilizar um instrumento simples, para que, de tempos em tempos, possa ser reaplicado e possibilite acompanhar o progresso do Programa de Educação Ambiental do Município. A proposta foi elaborada de modo a possibilitar que os dados sejam facilmente avaliados, sendo que a maioria das perguntas requer simples respostas binárias – do tipo **sim** ou **não**.

Quadro 10 – Modelo sugerido para o Questionário (não testado)

Pesquisa de avaliação sobre hábitos relacionados aos Resíduos Sólidos		Número do questionário	_____	Data da aplicação	___/___/___	
		Aplicador				
Introdução	Olá, meu nome é _____.					
	Sou integrante de uma equipe da Prefeitura Municipal de Feliz, que está realizando uma pesquisa sobre o comportamento da população, com relação à forma de manejo do <i>lixo doméstico</i> .					
		As informações desta pesquisa serão utilizadas para aprimoramento do Programa de Educação Ambiental, relacionada ao <i>lixo</i> do município, e a sua identidade será preservada. Podemos contar com a sua participação?				
Instrução e agradecimento	É importante ressaltar que as questões não possuem resposta certa ou errada, dê sua opinião sincera.					
	Muito obrigado pela sua disposição em responder. As suas respostas são de suma importância para a Prefeitura.					
Resíduos	Você separa seu <i>lixo doméstico</i> entre recicláveis e orgânicos?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	Você tem dificuldade em identificar o que faz parte de cada fração (recicláveis e orgânicos)?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	Você sabe para onde vai o lixo depois de coletado?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	Você considera o <i>lixo</i> um problema ambiental?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
Compostagem	Você sabe o que é compostagem?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	(se SIM, na resposta anterior): Você pratica compostagem em casa?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	Você teria interesse em conhecer como proceder?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
	Você se disponibilizaria a separar o <i>lixo orgânico</i> , em mais uma fração - como restos de comida e restos de jardinagem - para coleta pela prefeitura e posterior tratamento?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
Perfil	Idade	<input type="checkbox"/> Até 18	<input type="checkbox"/> Entre 18 e 30	<input type="checkbox"/> Entre 30 e 50	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 70	
		<input type="checkbox"/> Mais que 70	<input type="checkbox"/> Prefere não responder			
	Gênero	<input type="checkbox"/> Feminino		<input type="checkbox"/> Masculino		
	Escolaridade	<input type="checkbox"/> Fundamental	<input type="checkbox"/> Médio	<input type="checkbox"/> Superior	<input type="checkbox"/> Prefere não responder	
		<input type="checkbox"/> Mais que 5	<input type="checkbox"/> Prefere não responder			
	Renda familiar (salários mínimos)	<input type="checkbox"/> Até 2	<input type="checkbox"/> Entre 2 e 3	<input type="checkbox"/> Entre 3 e 4	<input type="checkbox"/> Entre 4 e 5	
		<input type="checkbox"/> Mais que 5	<input type="checkbox"/> Prefere não responder			
	Pessoas na casa	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	
		<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> Mais que 5			
	Bairro onde mora	<input type="checkbox"/> Centro	<input type="checkbox"/> Matiel	<input type="checkbox"/> Bela Vista	<input type="checkbox"/> Vila Rica	
<input type="checkbox"/> Picão		<input type="checkbox"/> Bom fim	<input type="checkbox"/> Vale do Hermes	<input type="checkbox"/> Outro		
Residência	<input type="checkbox"/> Casa	<input type="checkbox"/> Apartamento				

(fonte: elaborado pelo autor)

6.4 PÁTIOS DE COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO: IMPLEMENTAÇÃO

Entende-se viável a construção gradual de um sistema de compostagem no Município, concomitantemente à implementação da separação da fração orgânica e do Programa de Educação Ambiental. A ideia inicial do presente trabalho era a de propor a implementação de pátios distribuídos nos diversos bairros do Município. Porém, verificou-se a necessidade de um trabalho inicial, de base, com as comunidades, para buscar o seu engajamento, principalmente pelo fato de o trabalho ter sido planejado de modo a ser executado pelos próprios moradores.

Em termos sociais, pátios, tais quais esses sendo propostos, tendem a estreitar laços comunitários, assim como aumentar a conscientização ambiental da população, já que requerem o envolvimento dos cidadãos, para que haja engajamento e para que o projeto não sofra interrupção. Porém, a sua implementação requer uma organização prévia da comunidade, para, a partir de então, ter a sua continuidade mantida, de forma ininterrupta, pelos munícipes.

A proposição deste trabalho é a de implantação de um pátio centralizado, uma vez que a cidade é pequena. Admite-se ser razoável a criação deste único pátio, com a sua operação sendo realizada por trabalhadores locais, e com a perspectiva de contar com um contínuo apoio por parte do Poder Público local.

Neste sentido, a partir de reunião com representantes do Poder Público Municipal, foi proposta a criação de um pátio-piloto, que seria um experimento inicial, para melhor compreensão, por parte da Prefeitura Municipal, de como se dá a compostagem, e quais os seus benefícios e custos. Nesta direção, é indispensável contar com o apoio e compromisso deste Órgão para com a sua implementação. A proposta sendo formulada neste trabalho é que, inicialmente, seja instalada uma estrutura mínima, como que um modelo inicial ilustrativo e didático do processo de compostagem, que, posteriormente, venha a ser ampliado. Cabe destacar que a Lei 12.305 (BRASIL, 2010b), obriga o poder público a só dispor em aterros sanitários o que não for passível de tratamento; ou seja, os resíduos passíveis de compostagem não poderiam ser dispostos em aterro.

6.4.1 Demanda do pátio de compostagem: geração de resíduos compostáveis

O cálculo da geração, *per capita*, de resíduos orgânicos facilmente biodegradáveis, foi realizado com as considerações já apontadas¹⁹ e as fórmulas 2 e 3, também anteriormente apresentadas. No apêndice B, são apresentadas as quantidades totais de resíduos descartados na municipalidade de Feliz, desde 2016. Como já informado, os dados associados a coleta têm precisão, apenas, a partir de setembro de 2019; por isso, neste trabalho, a geração de resíduos no Município foi considerada como sendo a média de resíduos coletados entre os meses de outubro de 2019 e fevereiro de 2020 (mês de obtenção de dados para este trabalho), conforme a Tabela 10.

Tabela 10 - Massa média de resíduos coletados (base: outubro de 2019, a fevereiro de 2020)

Mês	Total (t)	Reciclado (t)	Bota-fora (t)	Destinado ao Aterro sanitário (t)	Valor Pago	Custo (R\$/t) da coleta - final
Out/19	237,84	90,91	5,47	146,23	R\$ 61.586,66	R\$ 258,94
Nov/19	224,43	59,5	13,58	164,03	R\$ 61.586,66	R\$ 274,41
Dez/19	235,32	48,51	7,57	178,44	R\$ 61.586,66	R\$ 261,71
Jan/20	238,1	66,3	5,98	164,79	R\$ 64.862,20	R\$ 272,42
Fev/20	203,12	89,8	4,53	107,99	R\$ 64.862,20	R\$ 319,33
Média	227,76	71,00	7,43	152,30		

(fonte: CHAVES, 2020)

A geração média diária foi calculada, multiplicando a média mensal (227,76 ton/mês) por doze meses, com o resultado sendo dividido por 365 dias, tendo resultado em: 7,49 t/dia. Em decorrência das incertezas associadas à forma de obtenção dos dados e suas limitações, admitiu-se que a meta traçada pelo PMISB (FELIZ, 2012), até 2032, de desvio de **35% dos resíduos orgânicos** – recicláveis não separados, rejeitos e orgânicos biodegradáveis – presentemente sendo dispostos em aterro, corresponda ao desvio de 100% dos resíduos orgânicos compostáveis. Como não há qualquer indicação sobre a composição dos resíduos atualmente coletados, **assumiu-se que essa parcela, de 35%, teria, como referência, a média mensal do total de**

¹⁹ Dados para a definição da geração *per capita* de resíduos sólidos compostáveis: a) quantidade coletada, ao longo de um período definido, na forma de uma média de levantamento realizado ao longo de um ano, para não haver influência sazonal; b) caracterização dos resíduos do município: com, no mínimo, a diferenciação entre recicláveis secos, rejeitos e orgânicos compostáveis; c) população total, urbana e rural, de acordo com a proposta do município.

resíduos destinados a aterro (152,30 ton/mês), considerando uma disposição média diária, em 2019/20, de 5,01 toneladas²⁰. Um detalhe relevante é que 35% dos resíduos aterrados hoje, representam 23,40% ($152,30 \times 0,35 / 227,76$) da média mensal do total de resíduos sendo coletados. Comparando-se com a caracterização executada, representa um pouco mais que os 20,14% de resíduos compostáveis obtidos.

Foi assumido, para fins de cálculo, apenas o descarte de resíduos orgânicos compostáveis ocorrentes na zona urbana central: região do município para a qual está sendo proposta, em uma primeira etapa, a implementação da coleta e do pátio de compostagem. Sugere-se que os moradores da zona rural, que eventualmente não o estejam fazendo, sejam instruídos, pela Prefeitura, a não descartar seus resíduos compostáveis, incentivando-os a compostá-los, dentro de sua própria propriedade.

Segundo dados fornecidos por Chaves (2019), a população dos bairros centrais de Feliz foi estimada como sendo de 9.929 pessoas, em 2019, a partir do número de imóveis registrados, em cada bairro, e da média de moradores por domicílio, obtida do Censo 2010 (2,95 hab/domicílio).

Para fins de cálculo, o total de resíduos gerados pela **população dos bairros centrais**, totaliza 754 g/(hab.dia), dos quais 504 g/(hab.dia) são dispostos em aterro.

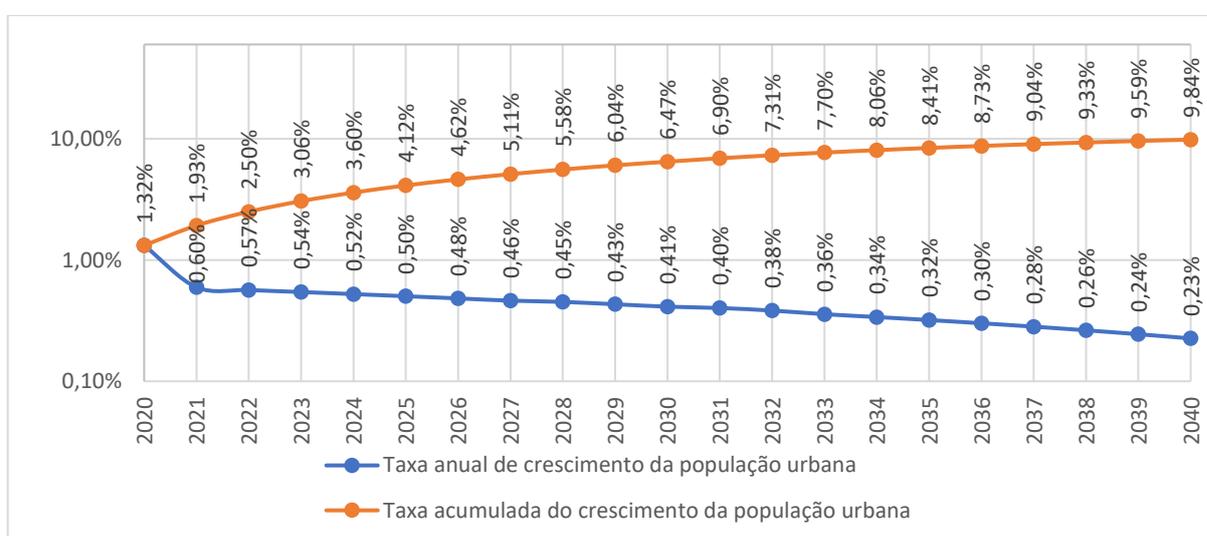
Diante de tal valor, a demanda diária *per capita* assumida (35%) de resíduos orgânicos para os pátios de compostagem, calculada pelas fórmulas (2) e (3), é de ($504 \times 0,35$) 176 g/(hab.dia), tendo-se assumido o valor arredondado de **180 g/(hab.dia)**. Assume-se, ainda, no presente trabalho, que a geração *per capita* se mantenha constante no horizonte de projeto – definido como sendo de 20 anos, ou seja, até 2040.

Considerando-se que ocorra um crescimento semelhante ao estimado no PMISB (FELIZ, 2012), para o horizonte do plano, ou seja, entre 2019 e 2032, haveria uma taxa de crescimento acumulada de 7,31%, para a população urbana (Apêndice C – Tabela C 1). De modo a analisar tal estimativa, e considerando-se que a população

²⁰ O valor de 5,01 toneladas de resíduos destinados a aterro foi obtido: dividindo-se a média destinada ao aterro mensalmente (152,30 ton, conforme Tabela 10), multiplicado por 12 meses - obtendo o total anual - que foi dividido por 365 dias.

deva continuar aumentando, foram comparadas as tendências identificadas às taxas de crescimento anual e à curva de crescimento populacional, apresentadas no PMISB (FELIZ, 2012), até 2040 (Figura 46, assim como apêndice C), onde essas taxas foram extrapoladas. Isso resultou **em uma taxa acumulada de crescimento da população urbana, de 9,84%, que foi arredondada, neste trabalho, para 10%**. Com isso, Feliz teria, em 2040, uma população urbana de 12.114 e uma população, no centro da área urbana, de 10.924 habitantes.

Figura 46 – Taxa de crescimento da população, em escala logarítmica



(fonte: baseado em FELIZ, 2012)

A geração diária e mensal de resíduos orgânicos, pela população da área central da cidade, a partir da média assumida (180 g/(hab.dia)) e da evolução da população, é apresentada, para cada ano, na Tabela 11.

Tabela 11 - Geração de resíduos compostáveis, diária e mensal

Ano	População da área central	Geração de resíduos compostáveis		Ano	População da área central	Geração de resíduos compostáveis	
	(hab)	(t/ dia)	(t/ mês)		(hab)	(t/ dia)	(t/ mês)
2019	9929	1,79	55,40	2030	10573	1,87	57,85
2020	10062	1,78	55,05	2031	10616	1,87	58,08
2021	10095	1,78	55,23	2032	10657	1,88	58,31
2022	10154	1,79	55,56	2033	10695	1,89	58,52
2023	10234	1,81	55,99	2034	10731	1,89	58,71
2024	10288	1,82	56,29	2035	10765	1,90	58,90
2025	10339	1,82	56,57	2036	10798	1,91	59,08
2026	10390	1,83	56,85	2037	10828	1,91	59,24
2027	10437	1,84	57,11	2038	10858	1,92	59,41
2028	10485	1,85	57,37	2039	10884	1,92	59,55
2029	10531	1,86	57,62	2040	10924	1,97	60,96

(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.2 Licenciamento Ambiental

O Licenciamento Ambiental, no estado do Rio Grande do Sul, segue as normas do Conselho Estadual do Meio Ambiente (Consema). A Resolução Consema 342 (RIO GRANDE DO SUL, 2018), trata de “[...] empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais [...]”, tendo sido alterada pela Resolução Consema 408 (RIO GRANDE DO SUL, 2019a), que classifica as usinas de compostagem (sob código 3541,50) como possuindo potencial poluidor médio e indica que o licenciamento desses empreendimentos fica a cargo dos municípios, para pátios de porte mínimo (até 10 toneladas por mês) e pequeno (entre 10,01 e 80,00 toneladas por mês). Esse é o caso do município de Feliz, como pode ser verificado na Tabela 11. Conforme Chaves (2020), nunca houve licenciamentos de pátios de compostagem no Município, já que não há pátios no local.

6.4.3 Pátio de compostagem: localização

Como mencionado anteriormente, a ideia inicial do trabalho, inclusive em consonância à sugestão dos agentes da Prefeitura, era propor um pátio experimental, junto à sede de Feliz, do Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Ao longo do desenvolvimento do estudo, contudo, verificou-se que o ideal, diante da necessidade de atendimento à

legislação, particularmente à Lei 12.305 (BRASIL, 2010b) e ao PMISB (FELIZ, 2012), assim como, para melhor harmonizar a solução com o ambiente natural e com a população, seria propor uma solução que possibilitasse uma ampliação gradual, mas com um horizonte mais próximo, que atingisse, pelo menos, a população urbana central, dentro do horizonte do PMISB. Diante disso, a ideia de um pátio experimental não se mostrou tão interessante, pois se, em curto prazo, a quantidade de resíduos aumentasse significativamente, haveria a necessidade de ampliação do pátio. Assim, decidiu-se por uma proposição melhor alinhada com as propostas acima referidas: com uma implementação gradual, que pudesse atender às crescentes demandas de espaços para compostagem.

Nesta direção, foi concebida uma proposta a ser implementada gradualmente, em um horizonte de vinte anos (2021-2040). Foram, então, estabelecidas metas em harmonia com o contido no PMISB (FELIZ, 2012):

- até o final de 2022, deveriam ser direcionados ao pátio de compostagem 10% dos resíduos que seriam destinados a aterro, e,
- até o final de 2032, 35% desses resíduos.

Porém, dado o curto espaço de tempo disponível até 2022, a primeira meta ficaria comprometida, em face à proposta de sua implementação gradual. Por esta razão, a meta foi reprogramada, de modo que viesse a se concretizar em 2023, momento em que a quantidade de resíduos sendo direcionados para o pátio de compostagem atingiria 9,40% dos resíduos que, caso fosse mantido o sistema de gestão atual, estariam sendo destinados a aterro.

Já, na meta para 2032 – ano em que este percentual chegaria a 35% – este nível de desvio foi antecipado, de modo a já ser alcançado em 2029. As metas de redestinação de resíduos (de aterros, para pátios de compostagem) são apresentadas na Tabela 12.

Para a definição dos bairros que seriam gradualmente atendidos, a cada nova expansão da coleta e destinação de resíduos, foi realizado um planejamento de locação dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV), considerando-se que a coleta

contemple os quatro bairros centrais, a partir de 2029. Esse planejamento considerou o estabelecimento de dois setores diferentes de coleta:

- a) **Área 1** – localizada nos bairros Centro e Bela Vista, de modo a contemplar, também, aos bairros Picão e Bom Fim e, parcialmente, ao bairro Vale do Hermes;
- b) **Área 2** – localizada nos bairros Vila Rica e Matiel.

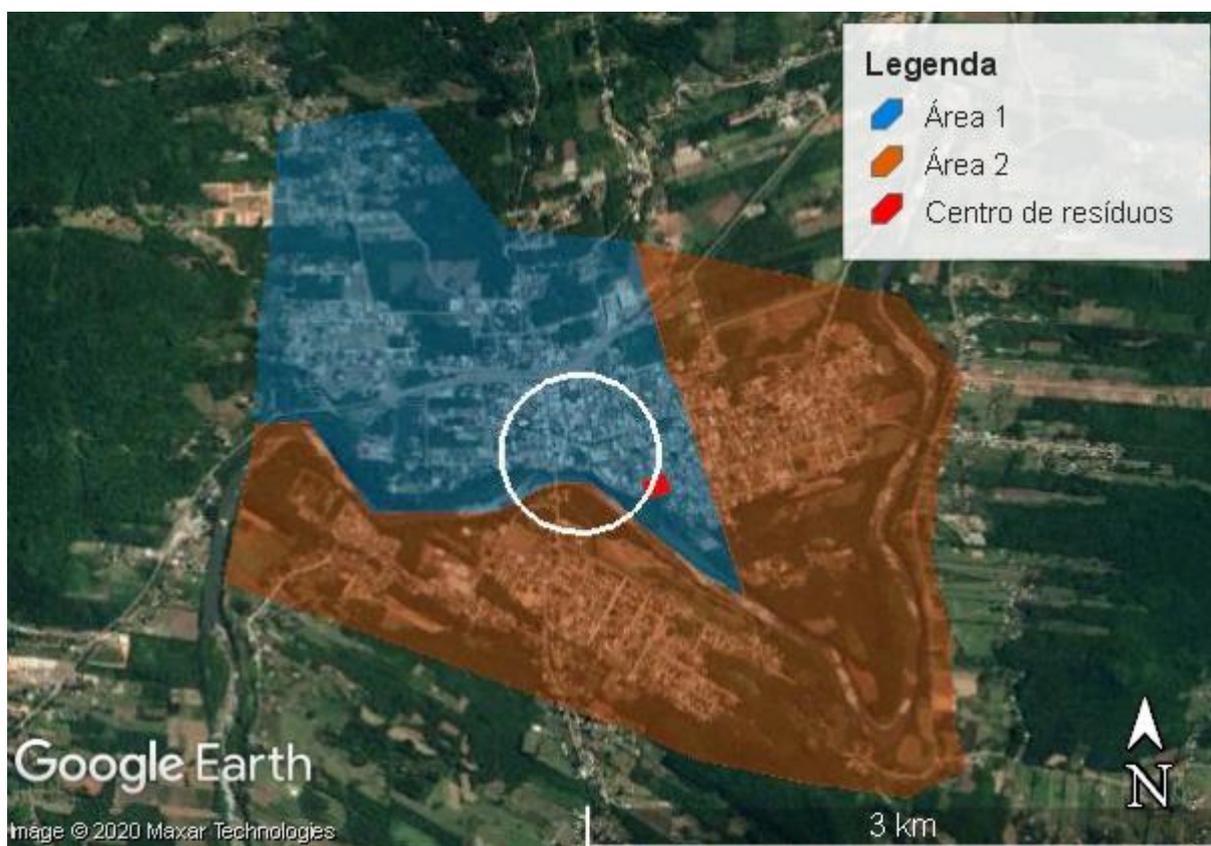
Tabela 12 - Metas de desvio gradual dos resíduos compostáveis

Ano	Aterrado total	Pop. central	Aterrado central	Compostável	Desvio - Meta		Famílias	População contribuindo		Desvio		Bairro
-	(t/dia)	(hab)	(t/dia)	(t/dia)	(t/dia)	%	Nº	(hab)	%	(t/dia)	%	-
2019	5,01	9.929	3,67	1,75								
2020	5,04	10.062	3,72	1,78								
2021/1	5,07	10.095	3,73	1,78			100	295	2,9	0,05	1,0	
2021/2	5,07	10.127	3,74	1,79			200	590	5,8	0,10	2,1	
2022/1	5,10	10.154	3,75	1,79			400	1.180	11,6	0,21	4,1	Vila Rica
2022/2	5,10	10.180	3,76	1,80	0,51	10	600	1.770	17,4	0,31	6,1	Vila Rica
2023	5,12	10.234	3,78	1,81			923	2.722	26,6	0,48	9,4	
2024	5,15	10.288	3,80	1,82			928	2.737	26,6	0,48	9,4	
2025	5,18	10.339	3,82	1,82			1.864	5.497	53,2	0,97	18,7	
2026	5,20	10.390	3,84	1,83			1.873	5.524	53,2	0,97	18,7	Vila Rica e Centro
2027	5,23	10.437	3,86	1,84			1.882	5.549	53,2	0,98	18,7	
2028	5,25	10.485	3,88	1,85			1.890	5.575	53,2	0,98	18,7	
2029	5,27	10.531	3,89	1,86			3.570	10.531	100,0	1,86	35,3	
2030	5,29	10.573	3,91	1,87			3.585	10.573	100,0	1,87	35,2	
2031	5,31	10.616	3,92	1,87			3.599	10.616	100,0	1,87	35,3	
2032	5,34	10.657	3,94	1,88	1,87	35	3.613	10.657	100,0	1,88	35,3	
2033	5,35	10.695	3,95	1,89			3.626	10.695	100,0	1,89	35,3	Vila Rica, Centro, Matiel e Bela Vista
2034	5,37	10.731	3,97	1,89			3.638	10.731	100,0	1,89	35,3	
2035	5,39	10.765	3,98	1,90			3.650	10.765	100,0	1,90	35,3	
2036	5,41	10.798	3,99	1,91			3.661	10.798	100,0	1,91	35,3	
2037	5,42	10.828	4,00	1,91			3.671	10.828	100,0	1,91	35,3	
2038	5,44	10.858	4,01	1,92			3.681	10.858	100,0	1,92	35,3	
2039	5,45	10.884	4,02	1,92			3.690	10.884	100,0	1,92	35,3	
2040	5,51	10.924	4,04	1,93			3.704	10.924	100,0	1,93	35,0	

(fonte: elaborado pelo autor)

Com o auxílio do software QGIS²¹, foi definido um centroide, englobando o conjunto de PEVs, para que o local da implantação do pátio de compostagem ocorresse, o mais próximo possível do baricentro desse centroide, minimizando os deslocamentos de resíduos. Esse centroide teve, então, a sua área ampliada em 500 metros, definindo-se um terreno para implantação do pátio. É importante ressaltar que se buscou, sem sucesso, informações sobre terreno(s), de posse da Prefeitura, que estivessem localizados dentro dessa área, mas não se conseguiu identificar este tipo de dado, impossibilitando essa conferência. Assim, foi escolhido, aleatoriamente, um terreno desocupado, que serviu de alvo para o dimensionamento do pátio (Figura 47).

Figura 47 – Zonas de coleta: centroide, com raio de 500 metros, e centro de resíduos



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

²¹ QGIS é um software livre, com código-fonte aberto, multiplataforma, com sistema de informações geográficas (SIG), que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, 2020).

Em passo seguinte, entendeu-se que a operação do pátio deveria iniciar, contando com a entrega voluntária de resíduos, diretamente neste local, que operaria como um PEV. A proposta é que, nos primeiros quatro semestres de operação, o pátio aumente, gradualmente, a quantidade de resíduos recebida, para que os operadores do pátio tenham maior facilidade em se adaptar ao método de compostagem. Assim, definiu-se que a operação do pátio teria início com cem famílias realizando a entrega de seus resíduos, no primeiro semestre. Este número gradualmente cresceria, para duzentas famílias, no segundo semestre; quatrocentas, no terceiro; e, seiscentas, no quarto semestre. As famílias seriam selecionadas, a partir de inscrições de interessados em participar do projeto.

Entende-se que, a partir de 2023, possa ter início a operação da coleta por caminhão. Para dar início à fase com coleta foi escolhido o bairro Vila Rica, com suas 923 famílias. Potencialmente, tais famílias poderão fazer uma contribuição de, aproximadamente, 0,48 t/dia de resíduos compostáveis (correspondentes a 9,4% dos resíduos aterrados). Em 2025, poderia ser iniciada a coleta no bairro Centro, aumentando o número de famílias participantes para 1864, direcionando ao pátio 18,7% dos resíduos que seriam destinados ao aterro (contribuindo com 0,97 t/dia).

Considera-se que, a partir desse momento, com o processo de compostagem já dominado pelos trabalhadores, outros dois bairros poderiam passar a participar, sem que isso venha a se mostrar muito impactante para a continuidade das operações do pátio. Entende-se, ainda, que, a partir de 2029, após oito anos do início de sua operação, o pátio de compostagem venha a atingir sua capacidade máxima, ao passar a contemplar, também, os bairros Matiel e Bela Vista. Neste momento, toda a zona urbana central do Município, com suas 3.570 famílias, estaria sendo atendida, alcançando a meta estipulada para 2029, de 35% dos resíduos compostáveis sendo desviados para o pátio de compostagem (totalizando 1,86 t/dia). Todos esses dados constam na Tabela 12, já apresentada.

É importante destacar que esse planejamento, ano a ano, poderá facilmente ser postergado, de modo a ter seu início, por exemplo, em 2022 ou 2023, já que as datas acima referidas apenas buscam estabelecer um referencial, em termos temporais. Também, considerando-se as possibilidades da Prefeitura, poder-se-ia ajustar o

cronograma para uma implementação mais lenta e gradual, ou, ao contrário, mais rápida. Porém, é importante reafirmar que, para o sucesso do processo, a implementação deverá ser bem planejada, de modo a cumprir os seus propósitos, de forma duradoura e eficiente.

6.4.4 Pátio de compostagem: dimensionamento da área das leiras e do pátio

Uma vez estimados os quantitativos diários de resíduos compostáveis (Tabela 11), pode-se, com base neles, dimensionar as leiras, que deverão constituir as baterias (conjunto de leiras) e o pátio, propriamente dito.

6.4.4.1 Dimensionamento da área das leiras

Tendo como referência a massa diária de resíduos compostáveis a ser destinada ao pátio de compostagem (Tabela 12), assim como o número de dias de coleta, (ou, no caso dos dois primeiros anos, de dias de trabalho no pátio, para recebimento dos resíduos diretamente entregues pela população), chega-se à demanda diária real do pátio. Esse valor, por sua vez, permite calcular o volume de resíduos (fórmula 5), em m^3/dia , e o número de bombonas necessárias (fórmula 6), ambos **por dia de coleta**. Com o volume diário de resíduos (não por dia de coleta, mas o volume diário “real”), estima-se o valor médio mensal (multiplicando por 365 dias e dividindo por doze meses), que permite calcular o volume de materiais estruturantes (fórmulas 7 e 8).

As leiras foram dimensionadas, como já mencionado, com base nas indicações do Cepagro (BRASIL, 2017a): com 2 metros de largura, tendo a capacidade de 1,25 toneladas, por metro de comprimento. Como próximo passo, calcula-se o volume de percolado gerado na leira (considerando-se que sejam produzidos 0,5 litros, por dia, por metro quadrado de leira). Quando (como para o caso sendo analisado) o volume não for muito grande, pode-se prever que, cada conjunto de três leiras, disporá de um poço de visita (PV), para armazenar seu fertilizante. Os resultados destes cálculos podem ser verificados na Tabela 13. Deve ser destacado que, para fins de dimensionamento, sempre deve ser considerada a máxima quantidade de resíduos, prevista como sendo acumulada na leira, seja a do último ano, ou do último semestre, de cada período.

Tabela 13 - Dimensionamento do pátio de compostagem

		Demanda do pátio		Dimensionamento das leiras		
		Massa (t)	Volume (m ³)			
2021				Número de baterias	3	
				Número de leiras/ bateria	1	
				Largura das leiras (m)	2	
				Compr. das leiras (m)	= 3,29/1,25	2,58
					Arredondando →	3
				Capacidade da leira (t)	= 3,00.1,25	3,75
				Capacidade da bateria (t)	= 3,75.1	3,75
				Coleta de fertilizante líquido		
				Área da leira (m ²)	= 3,00.2,00	6,00
				Vazão por leira (l/dia/leira)	= 6,00.0,5	3,00
				Vazão por PV (l/dia)	= 3,00.3	9,00
				Vazão mensal por PV (l/mês)	= 24,00.31	279
			Coleta de fertilizante líquido			
			Área da leira (m ²)	= 8,00.2,00	16,00	
			Vazão por leira (l/dia/leira)	= 16,00.0,5	8,00	
			Vazão por PV (l/dia)	= 8,00.3	24,00	
			Vazão mensal por PV (l/mês)	= 24,00.31	744	
			Coleta de fertilizante líquido			
			Área da leira (m ²)	= 8,00.2,00	16,00	
			Vazão por leira (l/dia/leira)	= 16,00.0,5	8,00	
			Vazão por PV (l/dia)	= 8,00.3	24,00	
			Vazão mensal por PV (l/mês)	= 24,00.31	744	

		Demanda do pátio		Dimensionamento das leiras		
		Massa (t)	Volume (m ³)			
2022				Número de baterias	3,00	
				Número de leiras / bateria	1,00	
				Largura das leiras (m)	2,00	
				Comprimento das leiras (m)	= 9,88/1,25	7,75
					Arredondando →	8,00
				Capacidade da leira (t)	=8,00.1,25	Capacidade da leira (t)
				Capacidade da bateria (t)	=10,00.1	10,00
				Coleta de fertilizante líquido		
				Área da leira (m ²)	= 8,00.2,00	16,00
				Vazão por leira (l/dia/leira)	= 16,00.0,5	8,00
				Vazão por PV (l/dia)	= 8,00.3	24,00
				Vazão mensal por PV (l/mês)	= 24,00.31	744

continua

continuação

		Demanda do pátio		Dimensionamento das leiras		
		Massa (t)	Volume (m ³)			
2023-24	Diária	0,49	0,62	Número de baterias	3,00	
	Semanal	3,45	4,31	Número de leiras / bateria	1,00	
	Mensal	14,99	19,09	Largura das leiras (m)	2,00	
	Coleta 2x /semana	1,72	2,16	Comprimento das leiras (m)	=15,27/1,25 Arredondado→	11,99 12,00
	Número de bombonas coletando	60		Capacidade da leira (t)	=12,00.1,25	Capacidade da leira (t)
	Número de bombonas troca e limpeza	60		Capacidade da bateria (t)	=15,00.1	15,00
	Total de bombonas do pátio	120		Coleta de fertilizante líquido		
	Materiais estruturantes			Área da leira (m ²)	=12,00.2,00	24,00
	Volume de materiais Estruturantes Externos / mês	23,40	m ³	Vazão por leira (l/dia/leira)	=24,00.0,5	12,00
	Volume de materiais Estruturantes Internos / mês	19,09	m ³	Vazão por PV (l/dia)	=12,00.3	36,00
			Vazão mensal por PV (l/mês)	=36,00.31	1116	
			Coleta de fertilizante líquido			
			Área da leira (m ²)	= 12,00.2,00	24,00	
			Vazão por leira (l/dia/leira)	= 24,00.0,5	12,00	
			Vazão por PV (l/dia)	= 12,00.3	36,00	
			Vazão mensal por PV (l/mês)	= 36,00.31	1116	
			Coleta de fertilizante líquido			
			Área da leira (m ²)	= 12,00.2,00	24,00	
			Vazão por leira (l/dia/leira)	= 24,00.0,5	12,00	
			Vazão por PV (l/dia)	= 12,00.3	36,00	
			Vazão mensal por PV (l/mês)	= 36,00.31	1116	

Continua

continuação

		Demanda do pátio		Dimensionamento das leiras		
		Massa (t)	Volume (m ³)			
2029-40	Diária	1,97	2,46	Número de baterias		3,00
	Semanal	13,76	17,21	Número de leiras / bateria		4,00
	Mensal	60,96	76,19	Largura das leiras (m)		2,00
	Coleta 4x /semana	6,88	8,60	Comprimento das leiras (m)	= (15,27/2)/1,25	12,19
					Arredondando→	12,00
				Capacidade da leira (t)	=12,00.1,25	Capacidade da leira (t)
	Número de bombonas coletando	230		Capacidade da bateria (t)	=15,00.1	60,00
	Número de bombonas troca e limpeza	115		Coleta de fertilizante líquido		
	Total de bombonas do pátio	345		Áread da leira (m ²)	=12,00.2,00	24,00
	Materiais estruturantes				Vazão por leira (l/dia/leira)	=24,00.0,5
Volume de materiais Estruturantes Externos / mês		93,40	m ³	Vazão por PV (l/dia)	=12,00.3	36,00
Volume de materiais Estruturantes Internos / mês		76,19	m ³	Vazão mensal por PV (l/mês)	=36,00.31	1116

(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.4.2 Dimensionamento da área do pátio

No dimensionamento da área de pátio, é necessário prover áreas ao redor das leiras, para a circulação, por exemplo, de minicarregadeiras, que requerem, para tanto, uma via com um mínimo de 3 metros de largura. Para tal finalidade foi adotada, no dimensionamento, uma via de circulação com largura de 3,5 metros. No dimensionamento sendo proposto, buscou-se prever espaços que se julga venham a se tornar necessários ao final do horizonte de tempo do projeto, buscando-se minimizar investimentos em equipamentos ou estruturas que venham a se tornar obsoletas. Diante disso, projetou-se, inicialmente, o pátio final, sendo, a seguir, definidas as suas etapas de construção.

Na Tabela 13, anteriormente apresentada, nota-se que, ao final do horizonte (2029-2040) o pátio deverá conter 12 leiras (3 baterias, com 4 leiras cada), de 12 metros de comprimento. Para que o projeto cumpra as suas finalidades, desde o início, evitando investimentos em construções que poderão acabar não sendo utilizadas, há de se

pensar em como o projeto evoluirá, até chegar ao pátio final programado (apresentado na Figura 48). Algumas estruturas e materiais já serão necessários, desde o início; outras, poderão ser implantadas em etapas posteriores. As etapas de construção foram, então, definidas assim:

a) 1ª etapa – 2021:

- implantação de três leiras, de 2,00 x 12,00 m²², e de seu sistema de coleta de fertilizante líquido;
- construção de depósito de ferramentas e banheiro;
- construção de área de peneiramento, com piso em concreto e cobertura;
- construção de estrutura de lavagem das bombonas, com capacidade para até 60 bombonas;
- construção de cerca circundando a área utilizada.

b) 2ª etapa – 2025:

- implantação de mais três leiras, de 2,00 x 12,00, e de seu sistema de coleta de fertilizante líquido;
- expansão da estrutura de lavagem das bombonas, da capacidade inicial, para uma capacidade que abrigue até 120 bombonas;
- construção de vaga para caminhão, e de piso elevado, à altura da caçamba (85 cm), para facilitar a remoção das bombonas cheias;
- construção de uma área em separado, para materiais estruturantes internos e externos;
- expansão da cerca, de modo a englobar a área total do terreno.

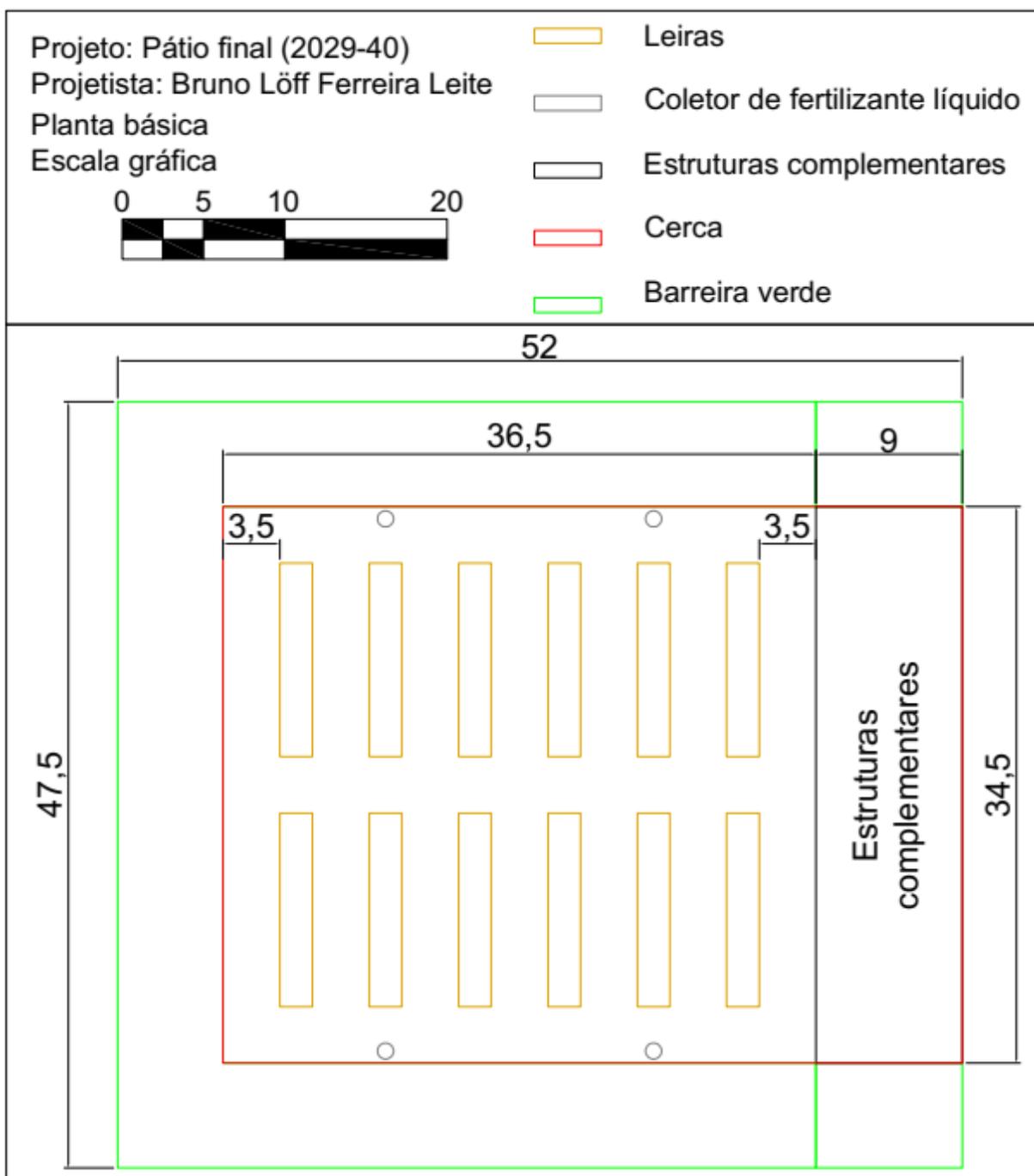
c) 3ª etapa – 2029: implantação das últimas seis leiras, de 2,00 x 12,00 m, e de seus sistemas de coleta de fertilizante líquido.

As plantas correspondentes às etapas de construção mencionadas, são apresentadas no Apêndice D. Neste Apêndice, são apresentadas: as plantas básicas; os detalhes da organização das estruturas complementares; o pré-projeto, com maior detalhamento, para fins de orçamentação; e os detalhes requeridos para o dimensionamento das estruturas. É importante mencionar, novamente, que a área

²² No momento inicial, poderiam ter 8 m de comprimento, mas, para que não seja necessário ampliar em dois anos, adotou-se tal valor.

verde de proteção projetada tem a finalidade de atenuar os possíveis odores e o impacto visual das leiras, mas não é obrigatória.

Figura 48 – Planta básica do pátio final (2029-40)



(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.4.3 Materiais e equipamentos para a operação otimizada do pátio

Para a otimização do funcionamento do pátio de compostagem, é essencial a disponibilidade de materiais de consumo e equipamentos, tendo sido criado um cronograma para a sua aquisição. Os materiais de consumo essenciais para a operação do pátio de compostagem são constituídos por: bombonas, forcados (garfos de agricultura), facões, pás, vassouras, rodos, enxadas, termômetros e carrinhos de mão. Estes serão comprados, à medida de sua necessidade e considerando a sua durabilidade, ao longo do horizonte de projeto. Adicionalmente, outros equipamentos, com maior durabilidade, poderão ser adquiridos. A compra desses equipamentos foi programada para ser realizada em duas etapas:

- a) 1ª etapa – 2021: para o início da operação do pátio, é sugerido que haja:
 - um carrinho de carga, para as bombonas, para transporte dos resíduos, desde a área de seu recebimento, até as leiras e, depois, até a área de sua lavagem;
 - um triturador, para os resíduos vegetais recebidos;
 - uma balança digital, para pesagem do total de resíduos que entram no pátio e para a pesagem do composto gerado; e
 - uma peneira rotativa e uma ensacadeira, para o composto.
- b) 2ª etapa – 2023:
 - uma minicarregadeira²³: para movimentação dos resíduos, até as leiras; e do composto pronto, para o local de peneiramento e ensacamento;
 - um caminhão com caçamba: em função do início da coleta, porta a porta, a ser iniciada em 2023.

6.4.4.4 Estruturas e áreas complementares, para o pátio de compostagem:

dimensionamento

A construção das estruturas complementares foi planejada para ser executada em duas etapas (2021 e 2025). Tais estruturas e áreas serão necessárias para cumprir as seguintes funções:

- a) depósito de materiais estruturantes;

²³ Segundo Maestri (2020), o trabalho no pátio poderá ficar dificultado, uma vez não contando com a ajuda de uma minicarregadeira, em ocasiões quando ocorre a operação com uma quantidade diária maior que 50 bombonas.

- b) recebimento dos resíduos entregues pela população;
- c) lavagem das bombonas;
- d) peneiramento e ensacamento do composto, e disponibilidade de vaga para estacionamento da minicarregadeira;
- e) depósito de ferramentas;
- f) banheiro;
- g) transbordo dos resíduos;
- h) vaga para estacionamento de caminhão;
- i) área administrativa.

Essas estruturas e áreas foram projetadas de tal forma que, cada um dos espaços tenha o tamanho próximo do ideal para o cumprimento de sua função. A sua largura foi definida de modo a poder comportar um caminhão, com 8,35 metros de comprimento, com caçamba (Apêndice D, Figura D 9), tendo esta sido definida como tendo 9 metros. O comprimento final corresponde à largura do terreno, com dimensão de 34,5 metros (comportando duas leiras de 12 metros, e três vezes os 3,5 metros de espaçamento requerido entre leiras). Adicionalmente, o comprimento inicial tem relação com as dimensões das áreas das estruturas complementares. Tais áreas, já mencionadas anteriormente, foram definidas seguindo critérios específicos, que estão detalhados no Quadro 11.

Quadro 11 – Definição das áreas para estruturas complementares

Pátio inicial	
Depósito de materiais estruturantes (4,50 m x 5,00 m = 22,50 m ²)	Como o volume máximo de materiais estruturantes, que será utilizado em um mês, é de 42,00 m ³ (Quadro 23), a área de 22,50 m ² deverá ser suficiente para acomodar tal volume. Se tudo for depositado de uma só vez - situação difícil de ocorrer - pode-se utilizar uma parte do local de recebimento de resíduos, ao seu lado, já que não haverá delimitações entre eles. É um local que não conta com piso, nem com cobertura.
Recebimento dos resíduos entregues pela população (10,00 m x 4,00 m = 40,00 m ²)	Deve ter a capacidade que possibilite receber os resíduos entregues pela população, em 38 bombonas (até 2022) e 60 bombonas, por dia de coleta (entre 2023 e 2024). Esta área também não contará com piso, nem cobertura, sendo uma área compartilhada, com a finalidade, tanto de depósito de materiais, como área de recebimento de resíduos.
Lavagem das bombonas (5,50 m x 5,00 m = 27,50 m ²)	A estrutura para lavagem das bombonas foi planejada para ter 4,00 m de comprimento e 3,24 m de largura - circulação e espaço da estrutura - disponibilizando 1 m, para circulação, na lateral, e 14,54 m ² , para colocação das bombonas limpas, ao seu lado. É um local com piso em concreto, para que os resíduos sejam direcionados ao sistema de esgotamento de resíduos líquidos.
Peneiramento e ensacamento do composto, e vaga da minicarregadeira (8,00 m x 9,00 m = 72,00 m ²)	O volume máximo estimado de composto gerado, até 2024, é de 12,00 m ³ *. Caso as pilhas no local tenham até 1,00 metro de altura, elas ocupariam uma área de 12,00 m ² . A peneira elétrica ficará permanentemente no local - provavelmente chumbada no chão. Nesse local ainda ficará abrigada a minicarregadeira, que ocupa, com a pá abaixada, 2,00 m, por 4,00 m (8,00 m ²). Até a próxima etapa de construção (2025), o telhado cobrirá apenas 8,00 m, por 6,00 m, e o seu piso será em concreto, cobrindo toda a área.
Depósito de ferramentas (4,00 m x 3,00 m = 12,00 m ²)	O depósito de ferramentas abrigará as ferramentas de uso diário, a lavadora à pressão e o triturador, assim como os materiais de controle das leiras.
Banheiro (2,00 m x 4,00 m = 8,00 m ²)	O banheiro servirá, também, de vestiário para os trabalhadores do pátio.

continua

continuação

Pátio intermediário e final	
Depósito de materiais estruturantes (9,00 m x 9,00 m = 81,00 m ²)	O volume de materiais estruturantes mensal será de 170 m ³ (Quadro 23). Nesse caso não haverá a necessidade de área para que o depósito comporte todo o volume desses materiais, de uma só vez, já que haverá alta rotatividade - uso e reposição constantes. Assim, foi estimado que a área de 81,00 m ² seria suficiente para abrigar os materiais.
Área do transbordo dos resíduos (3,50 m x 9,00 m = 31,50 m ²)	Essa área será elevada em 0,85 m (altura da caçamba), para que seja mais fácil o descarregamento das bombonas, e contará com uma rampa, para descer com o carrinho de carga. Sua área efetiva será de 20,7 m ² (2,30 m x 9,00 m), visto que dessa largura, 1,20 metros se situam na área da rampa. Não contará com cobertura e seu piso será em terra.
Vaga de caminhão (4,50 m x 9,00 m = 40,50 m ²)	Admitiu-se que o caminhão tenha um comprimento de 8,35 m e largura de 2,50 m. A vaga não contará com cobertura, mas terá piso em concreto.
Lavagem das bombonas (5,50 m x 9,00 m = 49,50 m ²)	Será ampliada, para comportar o dobro de bombonas (120). A área ocupada pela estrutura e o espaço de circulação será de 8,00 m, por 3,24 m. Ainda contará com 1,00 m como área de circulação lateral e 23,58 m ² , para colocação das bombonas limpas, ao seu lado. É um local com piso em concreto, para que os resíduos sejam direcionados ao sistema de coleta de esgoto.
Peneiramento e ensacamento do composto, e vaga da minicarregadeira (8,00 m x 9,00 m = 72,00 m ²)	O volume de composto gerado, em 2040, será de 30,00 m ³ *. Se as pilhas no local tiverem até 1,00 metro de altura, elas ocuparão uma área de 30,00 m ² . A peneira elétrica ficará permanentemente no local. Nesse local, ainda ficará abrigada a minicarregadeira, que ocupa, com a pá abaixada, 2,00 m, por 4,00 m (8,00 m ²). Terá toda sua área coberta e com piso em concreto.
Depósito de ferramentas (4,00 m x 3,00 m = 12 m ²)	Não se modifica.
Banheiro (2,00 m x 4,00 m = 8,00 m ²)	Não se modifica.
Área administrativa	Será construída para que possa haver uma área de planejamento das atividades e para possíveis reuniões.
*O apêndice E apresenta os cálculos de quantidades de resíduos recebidos e volume de composto gerado.	

(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.4.5 Pátio de compostagem: detalhamento dos procedimentos operacionais e cálculo de tempo das operações

Para se ter uma ideia aproximada dos custos envolvidos na operação e manutenção do pátio de compostagem, foi proposto um plano para a sua operação: desde a distribuição das bombonas, no PEV, até o peneiramento e ensacamento do composto maturado. O planejamento é teórico e visa ajustar diversos parâmetros à realidade local.

A distribuição das bombonas, assim como sua coleta, como já mencionado, buscou evitar percursos longos ou exaustivos, por parte da população, para depositar seus resíduos compostáveis nos PEV (sendo o PEV um local específico onde é posicionada uma bombona). O posicionamento inicial das bombonas foi orientado pela situação mais crítica, ou seja, aquela mais próxima à população residindo na zona central do Município. A Figura 49 e a Figura 50 apresentam a programação de coleta para a Área 1 (Centro e Bela Vista, que inclui os bairros Picão e Bom Fim, e parte do Vale do Hermes) e Área 2 (Vila Rica e Matiel), respectivamente.

Figura 49 – Coleta final na Área 1



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

Figura 50 – Coleta final na Área 2



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

A coleta na Área 1, requer o percurso de 17,70 km e, na Área 2, de 19,70 km. A partir da localização dos PEV, foram definidas as demais rotas de coleta; isto é, daquelas das etapas anteriores, que abrangem uma área menor, da área central do município. A Figura 51 apresenta a rota de coleta, relativa, apenas, ao bairro Vila Rica, para o período entre 2023 e 2024, totalizando 9,29 km.

Figura 51 – Coleta entre 2023-2024, no bairro Vila Rica



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

Já, a Figura 52 apresenta a rota de coleta que percorrerá os bairros Centro e Vila Rica, entre 2025 e 2028, totalizando 16,40 km.

Figura 52 – Coleta entre 2025-2029, nos bairros Centro e Vila Rica



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

Estando os trajetos de coleta definidos, pode-se estimar o tempo para realizá-los, em cada período do plano de implementação, utilizando a fórmula 9. Esses resultados são apresentados na Tabela 14. Conhecidos os valores encontrados, como uma média do tempo de coleta (excluindo a descarga) e distância percorrida, obteve-se a velocidade média, que foi comparada com os valores propostos pelo TCE-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2019b), observando-se que se enquadram dentro dos valores propostos (entre 5 km/h e 10 km/h), mostrando que os valores assumidos são realistas.

Tabela 14 - Tempo de coleta de resíduos, para os diversos períodos do plano de implementação

	2023-24	2025-28	2029-240	
			Coleta 1	Coleta 2
Trabalhadores	O + M	O + M	C + M	
Distância (km)	9,29	16,40	17,70	19,70
Tempo de deslocamento (h)	0,46	0,82	0,89	0,99
Pontos (-)	38,00	88,00	91,00	87,00
Bombonas (-)	60,00	120,00	115,00	115,00
Tempo coletando (h)	1,00	2,00	1,92	1,92
Tempo descarregando (h)	0,50	1,00	0,96	0,96
Tempo por coleta - arredondado (h)	2,00	3,80	3,80	3,90
Coletas por semana	2	2	2	2
Tempo semanal de coleta (h)	4,00	7,60	7,60	7,80
Velocidade média do veículo de coleta (km/h)	6,34	5,82	6,32	6,79

Sendo: O = Operador do Pátio, M = Motorista e C = Coletor

(fonte: elaborado pelo autor)

O cálculo do tempo requerido para a alimentação das leiras seguiu o método anteriormente apresentado²⁴ e os resultados são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Tempo requerido para alimentação das leiras

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Trabalhadores	O	O	O+M	O+M	O+C
Número de bombonas (por dia)	13,00	38,00	60,00	120,00	115,00
Tempo por bombona (min)	4,00	4,00	2,00	2,00	2,00
Tempo total (h)	0,90	2,60	2,00	4,00	3,90
Repetições semanais	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
Tempo semanal (h)	1,80	5,20	4,00	8,00	15,60

Sendo: O = Operador do Pátio, M = Motorista e C = Coletor

(fonte: elaborado pelo autor)

Como se pode observar no quadro, no início, o trabalhador que opera o pátio, referido como operador, trabalha sem qualquer auxílio, embora o ideal, neste caso, seria contar com duas pessoas, de modo a facilitar a operação de virada das bombonas. Neste período inicial, particularmente, caso fosse formalizada uma parceria entre a Prefeitura e o IFRS, poderia ser prevista a participação de alunos do Instituto Federal na execução dessa atividade. Uma parceria de tal natureza, possibilitaria o cômputo

²⁴ O tempo para alimentação das leiras, manual ou mecanizada, incluindo todos os processos, é detalhado no Anexo C. Na operação manual são requeridos: 4 minutos, por bombona; e, com mecanização, 2 minutos, por bombona.

de horas de atividades complementares, aos alunos, e economia para o Município, em termos de despesas associadas à contratação de mão-de-obra.

Observa-se, também, que, em 2021 e 2022, o trabalho será desenvolvido de forma exclusivamente manual, e, a partir de 2023, com o auxílio de minicarregadeira (o trabalho mecanizado agiliza o trabalho no pátio e diminui o tempo médio de alimentação da leira). Uma observação importante é a de que, entre 2023 e 2028, o operador do pátio também acompanharia o motorista do caminhão, na coleta de resíduos.

No mesmo sentido de economia de mão-de-obra, entende-se que, por ser uma tarefa requerendo, no máximo, apenas 8 horas semanais, seria mais econômico incluir, entre as atividades atribuídas ao motorista, a de auxiliar na alimentação das leiras. Isto resultaria mais eficaz que contratar um trabalhador, especificamente para desenvolver tal atividade, a qual requer apenas 8 horas semanais de envolvimento. A partir de 2029, sugere-se a contratação de mais um trabalhador (coletor), que coletaria os resíduos com o motorista e auxiliaria o operador a alimentar as leiras. Ou seja, a partir de 2029, o pátio poderá estar funcionando adequadamente, contando com, tão somente, três trabalhadores: o operador, que ficaria só no pátio; o coletor, que responderia pela coleta e pela alimentação das leiras; e o motorista, para dirigir o caminhão da coleta, tanto de materiais estruturantes, como de resíduos.

O tempo requerido para a lavagem das bombonas, como antes mencionado, foi estimado em 0,5 min, por unidade. Esta é uma atividade que requer apenas uma pessoa, que poderá ser desenvolvida pelo operador do pátio. A Tabela 16, identifica o tempo requerido para a lavagem de bombonas, tendo sido calculado com base na fórmula 10.

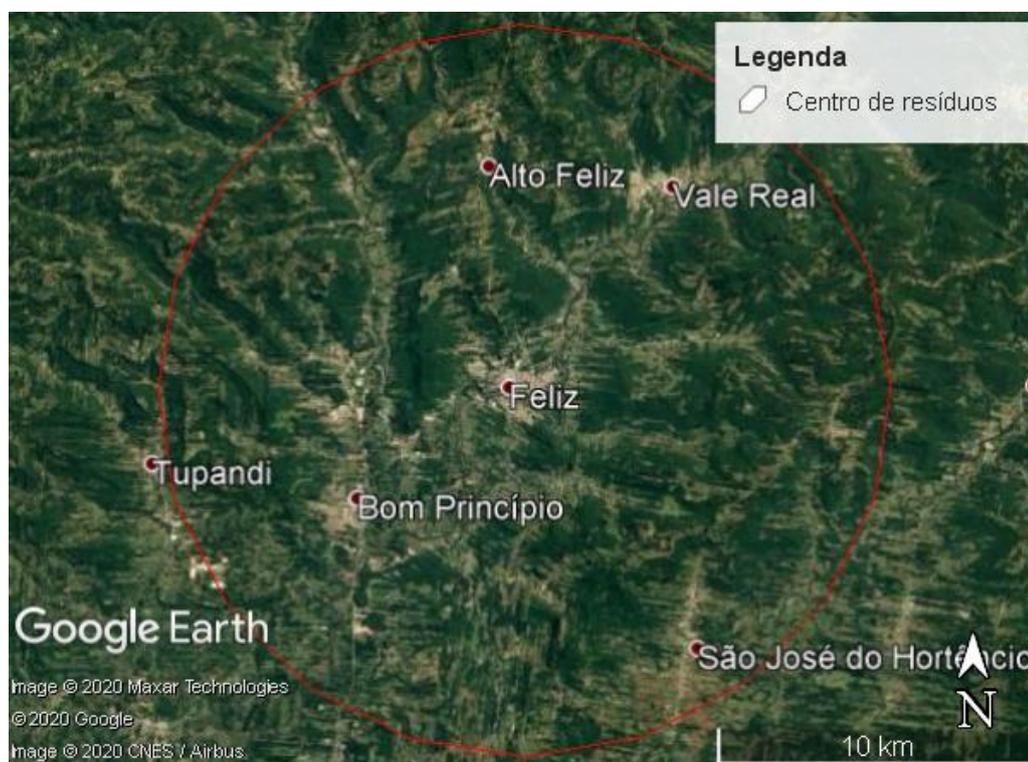
Tabela 16 - Lavagem das bombonas

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Número de bombonas	13	38	60	120	115
Tempo por bombona (min)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Tempo total (h)	0,20	0,40	0,50	1,00	1,00
Repetições semanais	2	2	2	2	4
Tempo semanal (h)	0,40	0,80	1,00	2,00	4,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Para o dimensionamento do tempo de coleta de materiais estruturantes, procedimento já detalhado, foi estabelecida uma distância máxima a ser percorrida, a partir do pátio de compostagem. Adotou-se, neste trabalho, a distância de 15 km (Figura 53). Para a definição do número de viagens requeridas para a coleta, utiliza-se a fórmula 11, sendo que o volume da caçamba do caminhão, foi considerado como sendo de 7,50 m³. Com a distância definida, estimou-se o tempo de coleta, com a fórmula 12 (Tabela 17).

Figura 53 – Delimitação de área de coleta – tendo como ponto central o pátio de compostagem – e um raio de ação de 15 km



(fonte: GOOGLE EARTH, 2020)

Tabela 17 - Caracterização dos dados de importância para o detalhamento da atividade de coleta dos materiais estruturantes

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-240
Trabalhadores	O + M	O + M	O + M	O + M	C + M
Distância (km)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Volume de materiais secos (m³)	9,16	27,48	42,49	86,55	169,60
Volume da caçamba do caminhão (m³)	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Viagens por mês	1,22	3,66	5,67	11,54	22,61
Viagens por semana	1,00	1,00	2,00	3,00	5,00
Tempo de deslocamento (h)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Tempo coletando (h)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Tempo descarregando (h)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Tempo por coleta (h)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Tempo semanal de coleta (h)	1,50	1,50	3,00	4,50	7,50
	01:30	01:30	03:00	04:30	07:30

A distância de coleta de materiais secos foi considerada como sendo de, no máximo, 15 km, sendo a distância média de coleta igual a 7,5 km.

A velocidade média do veículo de coleta foi considerada igual a 30 km/h.

Sendo: O = Operador do Pátio, M = Motorista e C = Coletor

(fonte: elaborado pelo autor)

Considerando-se a necessidade de trituração da parte aérea de árvores, estimou-se o tempo médio desta operação, a partir de um rendimento de 3 m³/h, sendo, para o seu cálculo, utilizada a fórmula 13. Os resultados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Trituração da parte aérea de árvores

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Quantidade por mês – seria menos, pois alguns já são triturados	4,12	12,35	19,09	38,89	76,19
Tempo mensal	1,37	4,12	6,36	12,96	25,40
Tempo semanal	0,31	0,93	1,44	2,93	5,74

(fonte: elaborado pelo autor)

Concluído o processo de compostagem, o próprio composto precisa ser peneirado, para que materiais não degradados sejam removidos. A expectativa de volume de composto gerado é apresentada no Apêndice E (Quadro E 1). Conhecido o volume de resíduos, utiliza-se a fórmula 15, para obtenção dos resultados relativos ao seu peneiramento (rendimento de 3,50 m³/h, para a peneira) e ensacamento (rendimento de 3,50 t/h, para a ensacadeira). Esses resultados são apresentados nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19 - Peneiramento do composto

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Volume de composto (m³)	1,35	5,38	12,49	25,44	49,84
Tempo total - a cada 2 meses (h)	0,50	1,80	4,20	8,50	16,70
Tempo mensal	0,25	0,90	2,10	4,25	8,35
Tempo semanal	0,06	0,20	0,47	0,96	1,89

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 20 - Ensacamento do composto

Itens considerados	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Massa de composto (t)	0,81	3,23	7,49	15,26	29,90
Tempo total - a cada 2 meses (h)	0,30	1,00	2,20	4,40	8,60
Tempo mensal	0,15	0,50	1,10	2,20	4,30
Tempo semanal (h)	0,03	0,11	0,25	0,50	0,97

(fonte: elaborado pelo autor)

Para o cálculo do tempo de retirada de fertilizante líquido, acumulado em poço de visita, servem de referência os valores apresentados na Tabela 13, no que concerne ao dimensionamento do pátio de compostagem. O tempo para sua coleta é obtido por meio da fórmula 17, considerando o rendimento da bomba como sendo 13,00 m³/h (Tabela 21).

Tabela 21 - Coleta do fertilizante líquido, gerado no processo de compostagem

Bombear Fertilizante líquido - operador	2021	2022	2023-24	2025-28	2029-40
Quantidade (l)	279,00	744,00	1.116,00	2.232,00	4.464,00
Tempo mensal (h)	0,02	0,06	0,09	0,17	0,34
Tempo semanal (h)	0,00	0,01	0,04	0,08	0,16

(fonte: elaborado pelo autor)

Como os cálculos de tempo, para os diversos processos, não tem por base dados de produtividade coletados em pátios de compostagem, julga-se importante adicionar um tempo adicional, necessário para a organização do pátio de compostagem e para a realização de tarefas adicionais, de uma hora, para cada dia de trabalho (5 h/semana).

6.5 PÁTIO DE COMPOSTAGEM PROPOSTO: ORÇAMENTO E VIABILIDADE FINANCEIRA

A partir do dimensionamento das estruturas e das necessidades, em termos de tempo, para as diversas as operações, são apresentados os custos e benefícios estimados, associados à implementação de um pátio de compostagem, na municipalidade de Feliz. Ressalta-se que há um nível de imprecisão nestes valores, que resulta do nível de incerteza, e conseqüente imprecisão, relativamente a certos custos. De qualquer forma, o resultado aqui pretendido é o de se chegar a uma estimativa de valores, que se acredita não diferir significativamente dos valores reais, e, assim, proporcionar um método de análise, que sirva de contribuição para uma situação real.

6.5.1 Custos associados com a remoção e destinação de resíduos, na municipalidade de Feliz

Atualmente, os gastos mensais com a coleta e destinação de resíduos, segundo o Portal da Transparência de Feliz (2020), chegam a R\$ 64.862,20²⁵, a partir da quantidade média mensal, da massa coletada de resíduos sólidos, apresentadas na Tabela 10, se calcula um valor de R\$ 284,78/tonelada. Com esse valor e o da quantidade de resíduos desviados de aterro, conforme cronograma definido e apresentado no Apêndice E (Quadro E 1), utiliza-se a fórmula 20, para obter os resultados constantes na Tabela 22.

²⁵ Valor mensal pago com base no projeto básico, que orienta o processo licitatório e contrato vigente. Esse valor, portanto, a princípio, deve partir da estimativa atual da coleta no Município, pautada por uma realidade, na qual se aterra parte substancial dos resíduos compostáveis. Uma nova realidade, na qual esses resíduos são desviados para compostagem, deverá prever o redimensionamento dos recursos materiais e humanos a serem disponibilizados pela contratada, resultando, provavelmente, em novo valor mensal pago e custo de destinação/tonelada. Na prática, seria necessária uma nova licitação.

Tabela 22 - Economia associada à implantação de um sistema de gestão de resíduos, alternativo ao de seu direcionamento para aterros

Período	Massa de resíduos orgânicos compostáveis	Economia
	(t)	(R\$)
2021/1	9,69	2.759,74
2021/2	19,38	5.519,48
2022/1	38,76	11.038,96
2022/2	58,14	16.558,43
2023	178,84	50.928,86
2024	179,82	51.209,51
2025	361,15	102.849,35
2026	362,93	103.354,52
2027	364,57	103.822,27
2028	366,28	104.308,73
2029	691,89	197.035,92
2030	694,65	197.821,74
2031	697,47	198.626,27
2032	700,16	199.393,39
2033	702,66	200.104,37
2034	705,03	200.777,93
2035	707,26	201.414,08
2036	709,43	202.031,51
2037	711,40	202.592,81
2038	713,37	203.154,12
2039	715,08	203.640,58
2040	717,71	204.388,98

(fonte: elaborado pelo autor)

6.5.2 Pátio de compostagem: valor gerado em composto

Outro benefício, além da economia associada ao desvio de resíduos que seriam destinados a aterro, é o associado ao composto gerado, cujo valor pode ser obtido com aplicação da fórmula 21, assumindo-se que o valor do metro cúbico do composto seja de R\$ 150,00 (RODRIGUES, 2020), conforme apresentado na Tabela 23. Salienta-se, novamente, que não foi feita a apropriação do valor da possível venda de fertilizante líquido, em razão das várias incertezas ainda associadas a esse produto, como, por exemplo, a quantidade gerada, para o tipo leira adotada e seu valor de mercado.

Tabela 23 – Valor de venda do composto

Período	Composto	
	Quantidade	Valor de Venda
	(t)	(R\$)
2021/2	2,42	363,41
2022/1	4,85	726,81
2022/2	9,69	1453,62
2023	36,89	5533,59
2024	44,83	6724,81
2025	67,62	10.143,26
2026	90,51	13.576,50
2027	90,94	13.640,56
2028	91,36	13.703,38
2029	132,27	19.840,58
2030	173,32	25.997,49
2031	174,01	26.102,20
2032	174,70	26.205,68
2033	175,35	26.303,00
2034	175,96	26.394,16
2035	176,54	26.480,39
2036	177,09	26.562,93
2037	177,60	26.640,53
2038	178,10	26.714,45
2039	178,56	26.783,43
2040	179,10	26.864,73
2041/1	89,71	26.921,40

(fonte: elaborado pelo autor)

6.5.3 Pátio de compostagem: custos de implantação, operação e manutenção

Para operacionalização de um pátio de compostagem, além da construção da sua estrutura, é necessário que estejam disponíveis os materiais e equipamentos para manejo das leiras e para a manutenção do pátio. Os itens necessários para elaboração do orçamento, considerando suas várias etapas, tanto para as estruturas complementares do pátio, mencionados anteriormente e apresentados no Apêndice D, em forma gráfica, como para os materiais e equipamentos, já são conhecidos. O orçamento detalhado desses insumos é apresentado no Apêndice F. Para os insumos, e respectivas quantidades, requeridos para a construção das estruturas complementares, foram usados os índices disponibilizados pelo Sinapi (IBGE, 2020). Todos os demais itens, não contemplados neste Sistema, tiveram seu preço averiguado com base em três orçamentos, para que se obtivesse um valor fidedigno com a realidade, tendo-se tomado, como referência, o valor mais baixo. Desta forma,

chega-se, relativamente às quatro etapas requeridas para a construção de um pátio de compostagem, aos seguintes valores:

- a) 2021 – R\$ 88.841,27;
- b) 2023 – R\$ 391.568,62;
- c) 2025 – R\$ 36.692,12; e
- d) 2029 – R\$ 17.763,67.

O custo de **manutenção de equipamentos** foi assumido como correspondendo a 5%/ano, do custo de aquisição de cada equipamento. Tais custos estão indicados na Tabela 24.

Tabela 24 - Custos de Manutenção de Equipamentos

	Balança	Peneira	Ensacadeira	Mini-carregadeira	Triturador	Total
Custo de aquisição (R\$)	839,68	9.683,70	13.500,00	172.500,00	8.950,04	
Ano						
2021-2040	41,98	484,19	675,00	8.625,00	447,50	10.273,68

(fonte: elaborado pelo autor)

Com relação ao orçamento de custos de mão-de-obra, para a implantação de um pátio de compostagem, inicialmente buscou-se diminuir, ao máximo, a jornada de trabalho, para reduzir tais custos à Administração Pública. Porém, tal diminuição de jornada fica inviabilizada no caso de trabalhadores concursados. Diante dessa impossibilidade, foi avaliado o número exato de horas de trabalho requeridas para a implementação de um pátio de compostagem. Então, avaliando-se custos de mão-de-obra, considerando jornadas de trabalho completas (40 horas semanais), chegou-se a uma diferença de custos de R\$ 117.000,00, ao final de um período de 20 anos.

Baseado no exposto, assumiu-se que as jornadas de trabalho serão de 40 horas semanais, tanto para o operador do pátio de compostagem, quanto para o coletor de resíduos. Sugere-se que ambas as posições funcionais sejam criadas no Plano de Carreira dos Servidores – Lei nº 1.935 (FELIZ, 2006), para cargos de Nível Básico (NB I). Quanto ao motorista, que coletará os materiais estruturantes e os resíduos, estima-

se que, nos quatro primeiros anos, possa, para tal função, ser realocado algum servidor do Município, para execução desses serviços, já que são poucas as horas de trabalho requeridas. Dever-se-á prever, contudo, a contratação de um motorista, que fique locado somente no pátio de compostagem, a partir de 2025. Deverá ser incluído, portanto, no Plano de Carreira, o motorista do pátio de compostagem, para algumas atribuições diferentes das do motorista já existente, já que desenvolverá suas atividades principais junto ao pátio de compostagem. Sugere-se que o contrato de trabalho, associado a esse cargo de motorista, seja de 20 horas semanais. O custo estimado com os funcionários está na Tabela 25.

Tabela 25 – Resumo dos custos com funcionários, com atividades junto ao Pátio de Compostagem

	Operário	Salário total	Coletor	Salário total	Motorista	Tempo trabalhado	Salário total	Vale-refeição (R\$ 15,35/dia)	Uniformes e EPIs	Total – Valor presente
	-	(R\$)	-	(R\$)	-	(h)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
2021	1	2.159,20				1,50	174,92	337,70	385,79	3.057,61
2022	1	2.159,20				1,50	174,92	337,70	385,79	3.057,61
2023	1	2.267,16				11,00	1.282,73	337,70	419,74	4.307,33
2024	1	2.267,16				11,00	1.282,73	337,70	419,74	4.307,33
2025	1	2.375,14			1	20,20	1.570,39	675,40	452,61	5.073,54
2026	1	2.375,14			1	20,20	1.570,39	675,40	452,61	5.073,54
2027	1	2.483,09			1	20,20	1.648,90	675,40	452,61	5.260,00
2028	1	2.483,09			1	20,20	1.648,90	675,40	452,61	5.260,00
2029	1	2.591,04	1	2.159,20	1	25,80	2.206,30	1.013,10	472,62	8.442,26
2030	1	2.591,04	1	2.159,20	1	25,80	2.206,30	1.013,10	472,62	8.442,26
2031	1	2.699,01	1	2.267,16	1	25,80	2.306,59	1.013,10	472,62	8.758,48
2032	1	2.699,01	1	2.267,16	1	25,80	2.306,59	1.013,10	472,62	8.758,48
2033	1	2.806,97	1	2.375,14	1	25,80	2.406,89	1.013,10	472,62	9.074,72
2034	1	2.806,97	1	2.375,14	1	25,80	2.406,89	1.013,10	472,62	9.074,72
2035	1	2.914,93	1	2.483,09	1	25,80	2.507,18	1.013,10	472,62	9.390,92
2036	1	2.914,93	1	2.483,09	1	25,80	2.507,18	1.013,10	472,62	9.390,92
2037	1	3.022,89	1	2.591,04	1	25,80	2.607,45	1.013,10	472,62	9.707,10
2038	1	3.022,89	1	2.591,04	1	25,80	2.607,45	1.013,10	472,62	9.707,10
2039	1	3.140,82	1	2.699,01	1	25,80	2.707,73	1.013,10	472,62	10.033,28
2040	1	3.140,82	1	2.699,01	1	25,80	2.707,73	1.013,10	472,62	10.033,28

(fonte: elaborado pelo autor)

A Tabela 25, acima, é um resumo da Tabela G 1, do Apêndice G. Os salários sugeridos têm, como referência, os valores atualmente pagos aos servidores do Município de Feliz, em cada subfaixa do Plano de Carreira (FELIZ, 2006). Considerando-se esta referência, propõe-se que o operador do pátio e o coletor de resíduos sejam contratados na faixa de vencimento NB I e, o motorista, na faixa NB

II. Nos salários, considerando-se aspectos específicos a esses trabalhos, deverão estar incluídos: um adicional de 20%, ligado à insalubridade das atividades – conforme Artigo 68, da Lei nº 3.264 (FELIZ, 2017), em função de o trabalho envolver o manejo de resíduos; e, 55,65%, como encargos sociais (que também incidem sobre o adicional de insalubridade, referidos na Tabela G 2). Como é sugerido que o motorista seja contratado em regime de 20 horas semanais, a coluna “tempo trabalhado” contabilizará, em dobro, cada hora extra trabalhada. Faz-se necessário ressaltar, ainda, que o município também fornece vale-transporte para seus funcionários. Porém, por não existir transporte público na cidade – principalmente pelo fato de ser um município de pequeno porte – não há um valor claramente associado a este benefício. Por esse motivo, o valor correspondente aos vales-transporte foi negligenciado no presente trabalho. Quanto aos valores de EPs, foram baseados na licitação ocorrida no ano de 2020, associada, especificamente, às atividades de coleta e destinação dos resíduos do município de Feliz (RIO GRANDE DO SUL, 2020), sendo apresentados no Apêndice G (Tabela G 3).

Com base, tanto na licitação, realizada no ano de 2020, associada a atividades de coleta de resíduos (RIO GRANDE DO SUL 2020), quanto no Manual de Orientação do TCE (RIO GRANDE DO SUL, 2019b), foi calculado o custo para a coleta de resíduos e de materiais estruturantes. Os valores identificados na licitação (RIO GRANDE DO SUL, 2020), os quais são apresentados no Apêndice H, foram:

- a) itens de consumo associados à operação do caminhão – óleo diesel, óleo de motor, óleo de transmissão, óleo hidráulico e graxa: R\$ 1,82/km rodado (Tabela H 2);
- b) despesas associadas à manutenção do caminhão: R\$ 0,75/km rodado (RIO GRANDE DO SUL, 2019b); e
- c) despesas associadas à manutenção dos pneus (jogo de pneus e recapagens: R\$ 0,14/km rodado (Tabela H 3).

Com base nos valores acima e no fato de se estimar que, até 2023, o pátio não deverá contar com um caminhão próprio, foi construída a Tabela 26, que é um resumo do que consta no Apêndice H (Tabela H 1).

Tabela 26 – Resumo dos custos associados ao transporte de resíduos

Ano	Deprec. (TCE- RS) -	Valor do veículo (R\$)	Impostos Valor Mensal (R\$)	Distância Mensal Percorrida (km)	Consumo (R\$)	Manutenção (R\$)	Pneus (R\$)	Total (R\$)
2021			0,00	66,43	121,06	49,16	8,99	179,21
2022			0,00	66,43	121,06	49,16	8,99	179,21
2023		200.397,16	282,03	215,14	392,06	159,21	29,09	862,39
2024	33,63%	133.003,60	225,87	215,14	392,06	159,21	29,09	806,23
2025	43,13%	113.965,86	210,01	344,54	627,87	254,96	46,59	1.139,43
2026	48,68%	102.843,82	200,74	344,54	627,87	254,96	46,59	1.130,16
2027	52,62%	94.948,17	194,16	344,54	627,87	254,96	46,59	1.123,58
2028	55,68%	88.816,02	189,05	344,54	627,87	254,96	46,59	1.118,47
2029	58,18%	83.806,09	184,87	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.974,42
2030	60,29%	79.577,71	181,35	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.970,90
2031	62,12%	75.910,44	178,29	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.967,84
2032	63,73%	72.684,05	175,61	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.965,16
2033	65,18%	69.778,29	173,18	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.962,73
2034	66,48%	67.173,13	171,01	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.960,56
2035	67,67%	64.788,40	169,03	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.958,58
2036	68,77%	62.584,03	167,19	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.956,74
2037	69,79%	60.539,98	165,48	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.955,03
2038	70,73%	58.656,25	163,92	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47
2039	70,73%	58.656,25	163,92	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47
2040	70,73%	58.656,25	163,92	663,40	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47

(fonte: baseado em RIO GRANDE DO SUL, 2019b, 2020).

O consumo de água, obtido pela fórmula 18, mostrou-se sempre inferior ao consumo mínimo, estabelecido pela companhia de distribuição (20 m³). Então, as despesas com água corresponderão à tarifa mínima cobrada pela Concessionária, que é: R\$ 94,79, de serviço básico – cobrança pela disponibilização de rede de água e esgoto – somada de R\$ 6,38 /m³. Este último valor, multiplicado pelos 20 m³, correspondente ao valor mínimo cobrado pela empresa, resulta em R\$ 127,60/mês, que, somado ao serviço básico, resulta em R\$ 222,39. Os cálculos associados à consumo de água são apresentados na Tabela 27 (CORSAN, 2019).

Tabela 27 – Custos associados com o consumo de água

Ano	Bombonas			Pessoal			Consumo total (m ³)	Tarifa (R\$)
	Lavada (1/dia)	Frequência Semanal -	Tempo mensal (h)	Consumo mensal (m ³)	Número de funcionários -	Consumo mensal (m ³)		
2021	13	2	0,96	0,35	1	1,11	1,45	222,39
2022	38	2	2,80	1,01	1	1,11	2,12	222,39
2023	60	2	4,43	1,59	2	2,21	3,81	222,39
2024	60	2	4,43	1,59	2	2,21	3,81	222,39
2025	120	2	8,86	3,19	3	3,32	6,51	222,39
2026	120	2	8,86	3,19	3	3,32	6,51	222,39
2027	120	2	8,86	3,19	3	3,32	6,51	222,39
2028	120	2	8,86	3,19	3	3,32	6,51	222,39
2029	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2030	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2031	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2032	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2033	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2034	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2035	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2036	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2037	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2038	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2039	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39
2040	115	4	16,98	6,11	3	3,32	9,43	222,39

Nunca será ultrapassado o mínimo de 20 m³, ou seja, sempre a tarifa será a mínima

(fonte: elaborado pelo autor)

Com base nos tempos de utilização de cada equipamento elétrico, foi calculado o consumo de energia, empregando a fórmula 19. No Apêndice I, Tabela I 1, são apresentados os valores resultantes de um cálculo minucioso, inclusive com os tempos de uso de cada equipamento. A potência de cada equipamento é apresentada no Quadro 12 e, o consumo de energia, de modo resumido, na Tabela 28.

Quadro 12 – Potência de cada equipamento

Equipamentos		
Peneira	2	cv
	1.471	W
Bomba	1	cv
	735,5	W
Lavadora	1.300	W
Triturador	10	cv
	7.355	W

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 28 – Custos com energia

Ano	Consumo lavagem bombonas (kWh)	Consumo peneiramento (kWh)	Consumo trituração (kWh)	Consumo Bombeamento (kWh)	Noite	Dia		Consumo total (kWh)
					Consumo noturno por lâmpadas (kWh)	Consumo máximo tomadas (kWh)	Consumo diurno por lâmpadas (kWh)	
2021	1,25	0,20	8,16	0,02	61,38	5,31	3,54	79,86
2022	3,65	0,59	24,42	0,04	61,38	5,31	3,54	98,94
2023	5,76	1,51	40,75	0,06	61,38	5,31	3,54	118,31
2024	5,76	1,83	40,75	0,06	61,38	5,31	3,54	118,64
2025	11,51	2,76	81,42	0,13	107,88	5,31	6,20	215,22
2026	11,51	3,70	81,42	0,13	107,88	5,31	6,20	216,15
2027	11,51	3,72	81,42	0,13	107,88	5,31	6,20	216,17
2028	11,51	3,73	81,42	0,13	107,88	5,31	6,20	216,19
2029	22,07	5,40	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	309,96
2030	22,07	7,08	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,64
2031	22,07	7,11	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,67
2032	22,07	7,14	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,69
2033	22,07	7,17	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,72
2034	22,07	7,19	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,75
2035	22,07	7,21	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,77
2036	22,07	7,24	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,79
2037	22,07	7,26	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,81
2038	22,07	7,28	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,83
2039	22,07	7,30	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,85
2040	22,07	7,32	162,84	0,25	107,88	5,31	6,20	311,87

(fonte: elaborado pelo autor)

Calculados todos esses custos, foi elaborado o orçamento completo, para operacionalização do pátio de compostagem. Na Tabela 29, são apresentados os custos fixos anuais, calculados segundo a fórmula 22. É de suma importância destacar que foi desconsiderado o consumo de óleo diesel, pela minicarregadeira, pelo fato de não ter sido encontrada uma referência sobre seu consumo. Deve-se mencionar, contudo, que as poucas referências encontradas mencionam um baixo consumo.

Tabela 29 – Custos fixos

	Mensal				Manutenção anual (R\$)	Gasto total fixo (R\$)
	Salários e EPs (R\$)	Transporte (R\$)	Água (R\$)	Energia (R\$)		
2021	3.057,61	179,21	222,39	62,31	5.136,84	47.395,08
2022	3.057,61	179,21	222,39	77,19	5.136,84	47.573,63
2023	4.307,33	862,39	222,39	92,30	5.136,84	67.565,39
2024	4.307,33	806,23	222,39	92,56	5.136,84	67.568,43
2025	5.073,54	1.139,43	222,39	167,91	5.136,84	85.240,29
2026	5.073,54	1.130,16	222,39	168,64	5.136,84	84.575,12
2027	5.260,00	1.123,58	222,39	168,65	5.136,84	86.622,49
2028	5.260,00	1.118,47	222,39	168,66	5.136,84	86.511,41
2029	8.442,26	1.974,42	222,39	241,82	5.136,84	135.819,04
2030	8.442,26	1.970,90	222,39	243,13	5.136,84	135.773,42
2031	8.758,48	1.967,84	222,39	243,15	5.136,84	139.518,17
2032	8.758,48	1.965,16	222,39	243,18	5.136,84	139.476,19
2033	9.074,72	1.962,73	222,39	243,20	5.136,84	143.234,60
2034	9.074,72	1.960,56	222,39	243,22	5.136,84	143.202,67
2035	9.390,92	1.958,58	222,39	243,23	5.136,84	146.968,13
2036	9.390,92	1.956,74	222,39	243,25	5.136,84	146.942,31
2037	9.707,10	1.955,03	222,39	243,27	5.136,84	150.712,90
2038	9.707,10	1.953,47	222,39	243,28	5.136,84	150.691,01
2039	10.033,28	1.953,47	222,39	243,30	5.136,84	154.584,77
2040	10.033,28	1.953,47	222,39	243,32	5.136,84	154.566,26

(fonte: elaborado pelo autor)

6.5.4 Pátio de compostagem: custos e benefícios

O orçamento completo, associado à implementação do pátio de compostagem, consta no Apêndice J (Tabela J 1) e, um resumo deste, é apresentado na Tabela 30, abaixo. Ressalta-se que todos são valores presentes, pela dificuldade de, para um trabalho

com natureza de uma dissertação de mestrado, e para um prazo tão longo, realizar-se projeções do comportamento, para todos esses valores, que possuem características tão diferentes entre si.

Tabela 30 – Resumo de custos e benefícios

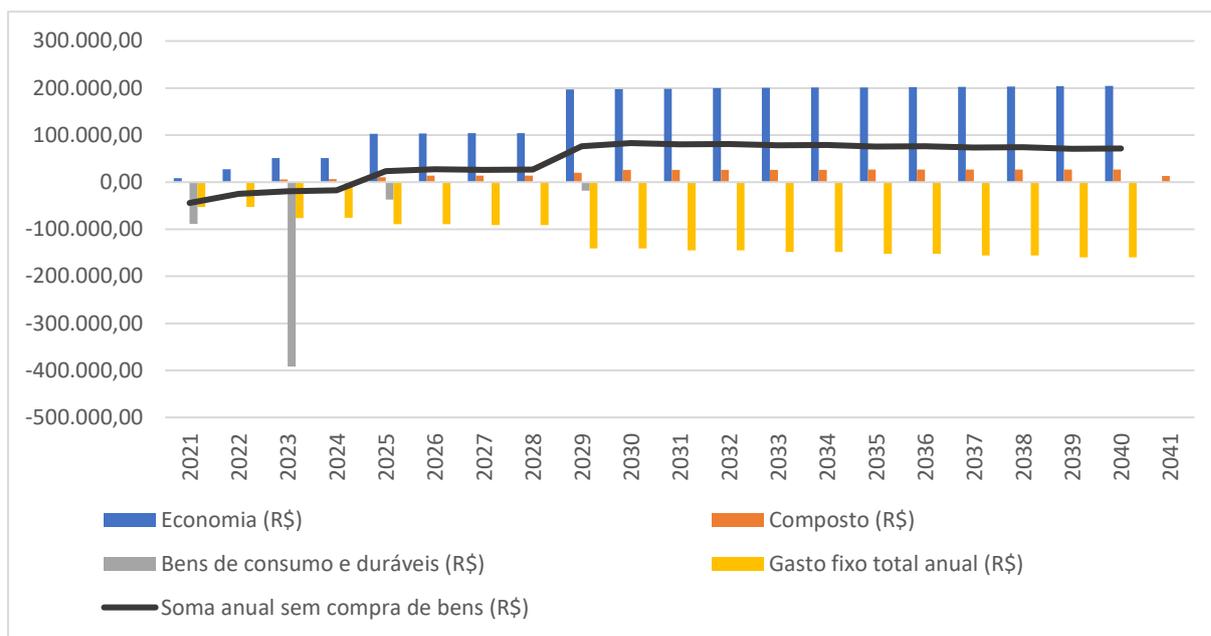
Ano	Economia + Venda composto – Gastos fixos – Bens		Economia + Venda composto – Gastos fixos	
	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
2021	-133.093,97	-133.093,97	-44.252,70	-44.252,70
2022	-25.113,08	-158.207,05	-25.113,08	-69.365,78
2023	-411.192,76	-569.399,81	-19.624,14	-88.989,92
2024	-17.481,39	-586.881,20	-17.481,39	-106.471,31
2025	-13.212,40	-600.093,60	23.479,72	-82.991,59
2026	27.520,62	-572.572,99	27.520,62	-55.470,98
2027	25.893,70	-546.679,28	25.893,70	-29.577,27
2028	26.504,14	-520.175,14	26.504,14	-3.073,13
2029	58.268,43	-461.906,71	76.032,10	72.958,97
2030	83.001,37	-378.905,35	83.001,37	155.960,33
2031	80.152,42	-298.752,93	80.152,42	236.112,75
2032	81.054,92	-217.698,01	81.054,92	317.167,67
2033	78.097,25	-139.600,76	78.097,25	395.264,92
2034	78.887,78	-60.712,99	78.887,78	474.152,69
2035	75.839,30	15.126,31	75.839,30	549.991,99
2036	76.561,13	91.687,44	76.561,13	626.553,12
2037	73.426,20	165.113,64	73.426,20	699.979,32
2038	74.079,96	239.193,60	74.079,96	774.059,28
2039	70.721,12	309.914,71	70.721,12	844.780,39
2040	71.550,61	381.465,32	71.550,61	916.331,00
2041	13.457,01	394.922,33	13.457,01	929.788,01

(fonte: elaborado pelo autor)

A Figura 54 foi construída com o intuito de proporcionar uma visualização gráfica dos custos e benefícios anuais, ao longo do horizonte de projeto. Nota-se que, até o ano de 2025, os custos anuais e de aquisição de bens superam a economia e o valor gerado com a comercialização do composto. A partir de então, observa-se que a linha dos custos anuais cruza o eixo horizontal da figura, que identifica a equivalência entre

economias e despesas. A Figura permite verificar que, a partir de 2025, o pátio de compostagem passa a apresentar economias crescentes, que se estabilizam a partir de 2028. De forma semelhante, a partir de 2029, os gastos fixos anuais pouco crescem, até o final do período em análise, em 2040.

Figura 54 – Economias e despesas anuais em valores presentes



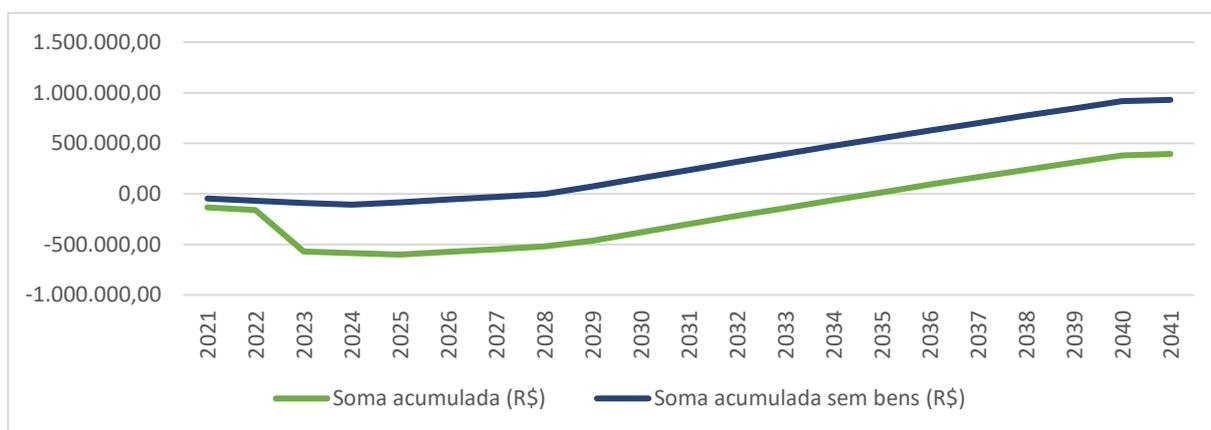
(fonte: elaborado pelo autor)

Além de a manutenção de um pátio de compostagem resultar em um custo menor do que o custo com coleta e imediata destinação de resíduos a um aterro sanitário, a sua implementação resulta em uma opção com um fim muito mais nobre, e que evita a disposição de resíduos no solo e a consequente emissão de gases de efeito estufa: tanto os associados ao seu transporte, quanto aqueles resultantes da digestão anaeróbia dos resíduos dispostos no solo. Além disto, há que se considerar o benefício da geração de empregos no Município, assim como a contribuição para o estabelecimento de uma economia circular, com relação aos resíduos orgânicos, que, uma vez compostados, resultam em produtos que voltam ao sistema, como fertilizantes, para benefício de uma agricultura orgânica.

6.5.5 Pátio de compostagem: possibilidades de financiamento

Conforme pode ser observado na Tabela 30, caso a Prefeitura realize a compra dos bens, a serem incluídos dentro da rubrica de Gastos Fixos, apenas em 2034, ou seja, após quatorze anos de operação do pátio, o seu custo já terá sido retornado, em função de economias e do valor do composto produzido. O mesmo também poderá ser observado pela análise da Figura 55, onde, no ano acima referido, os custos acumulados cruzam o eixo horizontal, de balanço zero. Por outro lado, havendo um investimento externo, um aspecto referido na presente subseção, já no ano de 2029 o pátio passa a ter um saldo monetário positivo – fato que também pode ser visualizado na Figura 55, observando-se a linha identificada como “soma acumulada sem bens”.

Figura 55 – Soma acumulada de custos e benefícios, com e sem a compra de bens



(fonte: elaborado pelo autor)

A operacionalização do pátio de compostagem depende de vários fatores, mas é fundamental a vontade política, direcionada para a captação de investimentos públicos. Isso porque, como constatado no item anterior, é essencial um investimento inicial, para que o pátio de compostagem e a coleta dos resíduos sejam iniciados. Existem vários caminhos para a obtenção de recursos para fazer frente a essas despesas iniciais, sendo, uma das opções, o financiamento; e, outra, a obtenção de recursos junto à iniciativa privada. A busca por financiamento pode ser encaminhada junto à União, Estado ou bancos de desenvolvimento.

Apresenta-se, a seguir, uma iniciativa federal, que poderia se constituir em uma possibilidade de acesso a recursos públicos, a ser considerada para esse caso, o Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA (BRASIL, 2018b, grifo nosso), que

[...] foi criado em 10/07/1989, por meio da Lei nº 7.797. Ao longo desses anos, repassamos recursos a diversas instituições, **visando elevar a qualidade de vida da população brasileira, com a execução de projetos socioambientais.**

O FNMA utiliza os recursos consignados anualmente na Lei Orçamentária Anual e, também, atua em parceria com outros financiadores.

Atualmente, a legislação que trata de transferências voluntárias é o Decreto nº 6.170/2007 e a Portaria Interministerial nº 424/2016, para as instituições públicas, e a Lei nº 13.019/2014 e o Decreto nº 8.726/2016, para as organizações da sociedade civil.

Independente do tipo de instrumento que será celebrado, é importante destacar que os interesses são recíprocos, ou seja, tanto o interesse do FNMA quanto [o] do proponente são os mesmos, que é a implementação de ações socioambientais. Por esse motivo, os recursos disponibilizados devem ser aplicados estritamente para a execução do projeto. [...]

O FNMA realiza chamamento público para selecionar os projetos que serão financiados. As secretarias do Ministério do Meio Ambiente e instituições da área ambiental participam da discussão sobre os temas que serão apoiados, os quais são submetidos para aprovação do Conselho Deliberativo do FNMA.

O FNMA, em 2017, lançou um edital para apoio específico a projetos de compostagem (BRASIL, 2017b). Esse projeto contemplou dois projetos, já citados como exemplos, e que foram utilizados por duas prefeituras, para o desenvolvimento de projetos similares ao sendo proposto na presente dissertação: o primeiro, pela municipalidade de Florianópolis, em conjunto com o Cepagro; e o segundo, pela municipalidade de Lages, em conjunto com o projeto Lixo Orgânico Zero.

Como já mencionado, podem existir diversas outras possibilidades. O presente trabalho, inclusive, poderá servir como base para a elaboração de propostas/projetos, que poderão ser submetidas ao FNMA ou a outras fontes de financiamento, visto que os financiamentos públicos costumam ter requisitos semelhantes.

O Manual de Elaboração de Projetos (BRASIL, 2018b), inclusive, dispõe de material orientativo para a elaboração de tais propostas, para concorrer a tais recursos no FNMA. No Quadro 13, é sintetizada a natureza do conjunto de informações presente

no Manual, e indicado como os dados resultantes do presente trabalho poderão ser organizados, de modo a servir de base para elaboração de um projeto a ser submetido.

Voltando ao Edital FNMA/ Fundo Socioambiental (FSA) da Caixa nº01/2017 (BRASIL, 2017b), mencionado anteriormente, para que se tenha uma ordem de grandeza dos valores envolvidos, ele disponibilizava recursos a partir de R\$ 500.000,00, para um prazo de execução do projeto, de 24 meses; requerendo uma contrapartida entre 0,1% e 4% do valor transferido, para Municípios com até 50 mil habitantes. O Quadro abaixo, ilustra a forma de organização de dados para esta modalidade de proposta e edital, com base nos resultados do presente trabalho, os quais poderão ser utilizados para servir de base para uma proposta em editais públicos futuros.

Quadro 13 – Itens a serem contemplados na elaboração de uma proposta de projeto, para submissão ao FNMA

Item	O que é (baseado em BRASIL, 2018b)	Como os resultados do presente trabalho poderão contribuir
Diagnóstico	A “caracterização do problema”, o “marco zero”.	Foi elaborado um diagnóstico apurado da situação no município.
Justificativa	“Qual necessidade pública será atendida? Qual política será implementada? Quem serão os beneficiários? Qual o resultado esperado? Qual é o interesse recíproco das partes (sua instituição e o FNMA) na execução do projeto?”	O trabalho ilustra os procedimentos para a redesignação de resíduos sólidos domésticos, com possibilidade de tratamento, atendendo à Política Nacional dos Resíduos Sólidos e à Política Municipal Integrada de Saneamento Básico. Estimou-se o desvio de toda a fração orgânica para pátios de compostagem, gerando um benefício para a Prefeitura e para a União, de modo a se constituir, inclusive, em exemplo para outras pequenas municipalidades.
Objeto	Semelhante ao objetivo, sinaliza o que se pretende alcançar com o projeto.	Destinação mais adequada de toda a fração orgânica compostável dos resíduos, reinserindo o composto resultante do processo, como um produto no ciclo produtivo e contribuindo para evitar o esgotamento acelerado de aterros sanitários.

Continua

Continuação

Meta	Segundo o manual: "Mensuráveis; Específicas; Temporais; Alcançáveis; e Significativas."	Pode se basear nas metas apresentadas na Tabela 12.
Etapas	"Todas as etapas devem ter indicador físico – unidade e quantidade. Também deve ser descrita uma metodologia, que responda, minimamente, como será realizada a atividade (técnicas que serão empregadas), quem a executará, para quem se destina (público alvo), quanto tempo será dedicada à sua execução e onde acontecerá. Esta metodologia deverá ter uma relação com os insumos solicitados para sua execução e deverá fornecer elementos para a avaliação física do projeto"	A Tabela 12 apresenta, também, as metas, de acordo com cada uma das etapas, que são, posteriormente, apresentadas na seção 6.4.4.2.
Insumos necessários ao projeto	Bens de consumo e duráveis, serviços, obras ou tributos.	São apresentados, na seção 6.5, com detalhes. O orçamento de bens é apresentado no Apêndice F; os custos com trabalhadores, no apêndice G; com transporte, no Apêndice H; com energia, no Apêndice I; e com água (Tabela 27); além do orçamento consolidado, apresentado no Apêndice J.
Contra-partida	É obrigatória para entidades públicas. Calculada sobre o valor total do projeto.	É definida uma margem mínima e máxima, de acordo com cada item do edital.
Capacidade técnica e operacional	"Sempre será necessário possuir um coordenador técnico, com capacidade de gestão da equipe e conhecimento sobre o tema que será abordado, assim como um coordenador financeiro, com experiência nos procedimentos de aquisições com recursos públicos e uso do Siconv."	-
Termo de referência	Orçamento detalhado por etapas.	Já apresentado no Apêndice J, porém, provavelmente o tempo para execução do projeto venha a requerer um tempo muito menor do que os 20 anos, estabelecido como horizonte, previstos no presente trabalho.

(fonte: elaborado pelo autor)

Cabe destacar que, no PNRS (BRASIL, 2012, p. 72), na seção 4, relacionada aos RSU, a estratégia 3 menciona: "[...] disponibilizar recursos financeiros e incentivos fiscais especificamente voltados para a implantação de novas unidades de compostagem e a biodigestão ou modernização/ampliação das existentes". Ou seja, na construção do Plano já houve a intenção de disponibilizar recursos, para o avanço de atividades associadas a unidades de compostagem. No PERS (RIO GRANDE DO SUL, 2014), as ações propostas para atingir a meta 14 (Quadro 3) envolvem: a

elaboração de “[...] estudos de viabilidade técnica e econômico financeira para a implantação de unidades regionais de tratamento da fração orgânica”, a curto prazo; e “[...] promover a implantação de unidades regionais de tratamento da fração orgânica através de medidas indutoras e linhas de financiamento”, em ação contínua. Entende-se que, com o projeto desenvolvido, tenham sido geradas informações e dados, que possibilitem demonstrar, tanto à União, quanto ao estado do Rio Grande do Sul, que foi desenvolvido um estudo aprofundado, que terá todas as condições requeridas para a implantação e financiamento de unidades de compostagem.

Outro caminho que poderá ser adotado para implantação de um sistema municipal de gestão de resíduos, com compostagem, é aquele, já utilizado na municipalidade, via coleta de resíduos, com o uso de contêineres. Como já referido anteriormente, a coleta por contêineres está sendo implementada por etapas: foi feito um investimento inicial, e a ampliação vai acontecendo com o emprego de recursos provenientes da economia gerada. A título de ilustração, segundo dados da Prefeitura (FELIZ, 2019f), o investimento inicial para implantação do sistema de coleta por contêineres foi de R\$ 316.160,00, e a economia anual é de, aproximadamente, R\$ 70.000. Já, na implantação do pátio de compostagem, o investimento total em bens alcançaria um montante de R\$ 535.000,00, sendo o gasto anual variável – atingindo, no final do horizonte de implementação, um montante de, aproximadamente, R\$ 160.000,00; a economia anual seria de R\$ 204.000,00; e o valor gerado em composto de, aproximadamente, R\$ 27.000,00, resultando em uma economia anual de R\$ 71.000,00 (sendo todas essas quantias, em valores presentes).

6.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO: “PROPOSTA DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM PARA A CIDADE DE FELIZ (RS)”

No presente capítulo, foram descritas as etapas de estudo, que culminaram na proposição de implantação de um sistema de gestão de resíduos sólidos, com a adição de um processo complementar, de compostagem, no Município de Feliz. Houve um detalhamento de cada um dos processos requeridos para tanto, associado a cada uma das etapas de cálculo, bem como a respeito de quais foram os seus pressupostos. Todos os cálculos realizados tentaram se ajustar, de modo mais

fidedigno possível, à realidade financeira do local estudado, buscando-se, no desenvolvimento dos estudos, reduzir, ao mínimo, os custos associados à proposta, e, dentro das limitações de uma dissertação de mestrado, identificar, claramente, o conjunto de ações necessárias para o atingimento, com sucesso, das metas propostas.

Inicialmente, foi exposto o relacionamento deste pesquisador com a Prefeitura, que sempre se dispôs ao diálogo, mostrando-se aberta, para analisar e cooperar com a realização do presente trabalho. A reunião presencial inicial, que ocorreu na Prefeitura municipal, foi um marco muito importante, pois contribuiu para que fossem traçadas, detalhadamente, as etapas do trabalho realizado e que, entende-se, estão aptas a serem aplicadas na localidade. De encontro ao bom relacionamento construído, contrasta a não disponibilização, por parte da prefeitura, da localização de terrenos em sua posse, impedindo que o trabalho fosse realizado com um viés mais prático – com uma localização precisa do pátio de compostagem.

A seguir, foi apresentada a forma como foi realizada a caracterização dos resíduos sólidos domésticos da amostra analisada, que foi realizada com o intuito de subsidiar as etapas seguintes do projeto, com dados que caracterizassem, do modo mais fidedigno possível, as frações integrantes dos resíduos sólidos amostrados. Tal caracterização foi igualmente importante, pelo fato de poder identificar alguns traços do comportamento da população, quanto ao descarte.

As medidas propostas passam, então, a ser detalhadas, na seção seguinte do trabalho. A primeira proposta formulada foi a de incentivar a implantação, na área do estudo, da separação da fração orgânica compostável, que seria acompanhada por uma campanha de educação ambiental, segundo um programa que siga a legislação existente a esse respeito, de modo a também incluí-la nos sistemas de ensino formal e informal, com o acompanhamento requerido.

Uma vez superada com sucesso a etapa de separação da fração compostável, pela população alvo, indicou-se a implementação de um pátio de compostagem, para o Município. Os passos requeridos para sua implementação foram detalhados, etapa por etapa, em termos dos cálculos a serem executados e das suposições a serem

assumidas. Com todo o dimensionamento requerido realizado e com os cálculos associados executados, concluiu-se que a implantação do pátio seria economicamente viável.

Foi analisada, inclusive, a possibilidade de implantação de pátios descentralizados, que se constituiriam em pontos muito positivos, no sentido de contribuírem para o fortalecimento de vínculos comunitários. Concluiu-se, porém, por ter a sua implementação um caráter mais informal, e que envolve e demanda ações por parte da população, o controle e administração de tais pátios teria que ser transferido pela Prefeitura à população. Além disso, ficou bem claro, que tal implementação requereria um acompanhamento constante, para que não fosse abandonada. Concluiu-se, ao final da análise desta alternativa, que, se houver uma vontade por parte do poder público de implantação de um sistema de compostagem, o método com maior chance de efetividade é a implantação centralizada – particularmente, no caso dos municípios de pequeno porte.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS COMPLEMENTARES

Finalizado o trabalho, foi realizada uma reflexão sobre o seu desenvolvimento, bem como são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, que poderiam complementar o que foi apresentado nesta dissertação, ou que ampliassem os estudos que já foram desenvolvidos.

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou propor uma solução para a grave situação relacionada aos resíduos sólidos urbanos, particularmente os resíduos orgânicos com fácil biodegradação, baseado nas práticas que melhor se adequariam às particularidades apresentadas pelo Município de Feliz/RS (e, em geral, em municípios de portes semelhantes). A escolha do município se baseou em três principais fatores (seção 4.1): a) indicadores sociais muito bons, em comparação com municípios do estado do Rio Grande do Sul e do Brasil, podendo ser um indicativo de maior facilidade para efetivação da compostagem; b) população pequena, facilitando o contato com os cidadãos e a possibilidade de replicação em outros municípios, já que aproximadamente 3.800 municípios brasileiros (dentro os 5.570) têm população menor ou igual a 20 mil pessoas (IBGE, 2019); e c) pelo fato de já haver alguns estudos relacionados à sustentabilidade, construídos pelos alunos do NORIE/UFRGS, na localidade.

A proposta visou atender às legislações vigentes (seção 3.4), principalmente à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), e indicar uma medida que fosse sustentável econômica, social e ambientalmente (seção 3.6), e replicável em locais com contextos similares – tais como municípios de população semelhante ou bairros de cidades com maiores dimensões.

Com relação aos métodos atuais de compostagem, houve a revisão, na seção 3.7, do que é hoje aplicado, tanto no Brasil, quanto no Mundo, e, então, a decisão de qual método se encaixaria melhor nas condições de contorno do Município – levantadas previamente na seção 4. A escolha do método, apresentada na seção 4.3, se baseia

em cinco principais fatores, sugeridos por Inácio e Miller (2009): tipo de resíduos; área disponível (localização e proximidade de residências); mão de obra disponível; capital necessário para a implantação e operação do sistema; e o clima. Tais aspectos direcionaram à definição pelo método de leiras estáticas, com aeração natural, pois: é um método que não requer grandes áreas e pode ser implementado em áreas urbanas; necessita de pouca mecanização, diminuindo seu custo de implantação; e se adapta bem a locais com condições climáticas onde ocorram altas precipitações (INÁCIO; MILLER, 2009).

Havendo tal definição, foram apresentados dois capítulos, complementares entre si, relacionados à implementação da compostagem: considerações teóricas e proposta para o município. O primeiro, capítulo 5, com o intuito de apresentar uma generalização das propostas e métodos de dimensionamento. O capítulo subsequente, 6, focou-se em apresentar a proposta final para a implementação da compostagem no Município de Feliz (RS). Os capítulos se complementam, no sentido de que o método apresentado no primeiro, é aplicado no segundo, facilitando o entendimento do leitor, caso alguma informação não seja tão clara, em uma primeira análise do método “cru”.

Identificou-se a necessidade de que houvesse a separação adequada dos resíduos sólidos, para que o composto final obtido tivesse sua qualidade aprimorada. Tal imposição levou à necessidade de criação da separação de uma terceira fração de resíduos, a de compostáveis, que é explicada na seção 5.2. Porém, a mudança na separação dos resíduos deverá ser acompanhada de algum processo de educação, para que haja uma compreensão, por parte da população, sobre os benefícios da separação e da consequente compostagem. Nesta direção foi proposta, a construção de um Programa de Educação Ambiental (que abarque a educação formal e não-formal), baseado na Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9.795/1999), apresentado na seção 5.3.

Considerando-se o fato de haver a separação da fração de materiais orgânicos compostáveis – apoiado pela educação ambiental para a população, foi sistematizado um método para a determinação da demanda que haverá no pátio de compostagem (seção 5.4). Algumas considerações sobre a legislação aplicada ao licenciamento de

pátios de compostagem são apresentadas em 5.5. As etapas de projeto do pátio de compostagem são então apresentadas detalhadamente, na seção 5.6, desde o projeto físico das leiras (5.6.1) e do pátio (5.6.2), passando pela projeção dos procedimentos operacionais (5.6.3), até a parte financeira (5.6.4). Com o capítulo 5, o objetivo específico de **“propor um método de projeto para a implementação de pátios de compostagem, para tratamento de resíduos sólidos compostáveis, que possa ser replicado em outras municipalidades”**, é atingido, já que este capítulo sistematiza os cálculos e etapas para tal, incluindo etapas prévias, relacionadas à separação da fração compostável e da educação ambiental, para tal separação.

O capítulo 6 apresenta a proposta construída para o Município de Feliz (RS). Primeiramente, foi referido o primeiro contato com a Prefeitura, que teve o intuito de apresentar a ideia básica da proposição, coletar informações relevantes e aprimorar, com funcionários do Município, a proposta inicial (seção 6.1). Para a definição da demanda que haveria no pátio de compostagem (seção 6.4.1), foi necessário executar a caracterização dos resíduos coletados na municipalidade. O método para tal tarefa foi apresentado na seção 5.1 e os resultados obtidos foram apresentados na seção 6.2, sendo resumidamente: 43,54%, de rejeitos; 20,14%, de compostáveis; e 36,32%, de recicláveis. Porém, tais dados devem ser interpretados com cautela, por não compreenderem a variabilidade sazonal, típica de tais resíduos, entre outros possíveis erros ou dificuldades.

Antes de se construir o projeto para a implementação para o pátio, foram apresentadas as medidas de apoio à separação da fração orgânica, na seção 6.3, incluindo a forma de efetivar a separação, e algumas sugestões para a inclusão no programa de educação ambiental, além de uma proposta de questionário para acompanhamento do programa. A seção 6.4 apresenta o projeto detalhado de implementação da compostagem, abordando aspectos legais, o projeto físico do pátio de compostagem e as perspectivas operacionais da coleta e tratamento dos resíduos. As seções 6.3 e 6.4 cumprem com o segundo objetivo específico do trabalho que foi: **“propor, para o município de Feliz (RS), um modelo de gestão de resíduos sólidos, que oriente sobre: como a própria população poderá separar adequadamente, em suas residências, a fração orgânica compostável de**

resíduos sólidos; e como o governo municipal poderá avançar na implementação, tanto de uma política de educação ambiental; como, progressivamente, de um processo de coleta seletiva da fração orgânica compostável”.

A última seção do capítulo 6 (6.5) apresenta o orçamento e a análise de viabilidade financeira da implementação total do pátio, com um horizonte de 20 anos. Ressalta-se aqui, principalmente, a análise descrita na seção 6.5.5, que apresenta alternativas de financiamento público para a iniciativa. A seção 6.5 cumpre exatamente o que foi proposto no terceiro e último objetivo específico de **“avaliar a viabilidade financeira, para o caso do município de Feliz (RS), da implementação de pátios de compostagem”**.

Com relação ao objetivo principal do documento, **“propor um plano de gestão para os resíduos sólidos urbanos compostáveis, tendo como foco a zona urbana central da cidade de Feliz (RS)”**, considera-se que foi plenamente atingido no capítulo 6, visto que é apresentada uma proposta consistente, envolvendo vários aspectos, sobre como modificar a atual situação dos resíduos sólidos do município.

7.2 POSSIBILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

Visto que houve um contato inicial com a Prefeitura, faz-se necessária a retomada do diálogo, para que haja a apresentação da proposta construída com base no Município. Desde o início, ficou claro o interesse da administração em ajudar na construção do projeto e, com o nível de detalhe apresentado, esse programa tem grandes possibilidades de execução, visto que há, inclusive, a possibilidade de o Poder Municipal financiar a implementação, junto aos poderes Federal e Estadual.

Complementarmente, considera-se de suma importância que a ideia principal do trabalho seja difundida, não só no Município de Feliz (RS), mas também em outras prefeituras, a fim de que a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) seja efetivamente aplicada. Ressaltam-se de tal legislação, principalmente: o artigo 3º, que admite, na sua 8ª alínea, que apenas rejeitos deveriam ser dispostos em aterros; e o artigo 9º, que define a ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de

resíduos (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos). Ambos os artigos explanam de forma clara a necessidade de que os resíduos devem ter suas possibilidades de tratamento e recuperação esgotadas, antes de serem destinados à disposição em solo.

7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Foram identificados, ao longo do presente trabalho, alguns temas que se apresentam como lacunas relacionadas ao estudo de resíduos sólidos e compostagem, que poderiam complementar o presente trabalho, entre os quais:

- a) Como construir um programa de educação ambiental, na municipalidade de Feliz, associado à gestão de resíduos – que envolva a educação formal e informal, e esteja direcionado a toda a população?
- b) Como construir um instrumento de acompanhamento do programa de educação ambiental?
- c) Quais os índices de produtividade das atividades associadas à operação de pátios de compostagem?
- d) Como se dá a implementação do sistema de gestão de resíduos domésticos e compostagem, em um município de pequeno porte (podendo ser a implementação do que está sendo proposto no presente trabalho)?

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10.007**: amostragem de resíduos sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABREU, M. J. **Lei da Compostagem [de Florianópolis]**. Florianópolis: Marquito Explica, 2019. vídeo 6 min. Disponível em: https://www.facebook.com/watch/?v=436348223820755&external_log_id=939e2e17-af1b-4730-b68f-1922de39f4d8&q=lei%20da%20compostagem. Acesso em: 19 mar. 2020.B

ALEMANHA. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. **Waste Incineration – A potential Danger?** Bidding Farewell to Dioxin Spouting. 2005.

ALLSOPP, M.; COSTNER, P.; JOHNSTON, P. **Incineration and Human Health: state of knowledge of the impacts of waste incinerators on human health**. Exeter (UK): Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, 2001.

ATLAS do Desenvolvimento Humano. Feliz (RS). [S. l.]: PNUD/IPEA/FJP, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/>. Acesso em: 12 maio 2019.

BARLES, S. History of Waste Management and the Social and Cultural Representations of Waste. In: AGNOLETTI, M.; SERNERI, S N. (ed.). **Environmental History 4: the basic environmental history**. Florence: Springer International Publishing Switzerland, 2014. p. 199-226.

BERC, J. L.; MUÑIZ, O.; CALERO, B. Vermiculture Offers Aa New Agricultural Paradigm. **Biocycle International**, [S. l.], v. 45, n. 6, p. 56-57, June 2004.

BITENCOURT, D. V.; ALMEIDA, R. N.; PEDROTTI, A.; SANTOS, L. C. P. A problemática dos resíduos sólidos urbanos. **Interfaces Científicas: Saúde e Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 25-36, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17564/2316-3798.2013v2n1p25-36>. Acesso em: 14 abr. 2019.

BOLOGNESI, A. Incineração e Aterro Sanitário: uma comparação entre duas tecnologias. In: SANTOS, M. C. L. dos; DIAS, S. L. F. G. (org.). **Resíduos Sólidos Urbanos e Seus Impactos Ambientais**. São Paulo: IEE-USP, 2012. p. 23-30.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Brasília, DF: Presidência da República, 1999. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 01 ago. 2019.

BRASIL. **Lei Complementar nº 131, de 27 de maio de 2009**. Brasília, DF: Presidência da República, 2009.

BRASIL. Sistema Único de Saúde. **Taxa de analfabetismo no Brasil**. Brasília, DF: DataSUS, 2010a. Disponível em:

<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/censo/cnv/alfbr.def>. Acesso em: 11 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 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, DF: Presidência da República, 2010b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 11 dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: MMA, 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: 11 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Resíduos sólidos e a saúde da comunidade**: informações técnicas sobre a interrelação saúde, meio ambiente e resíduos sólidos. Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos**: manual de orientação. Brasília, DF: MMA, 2017a. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-ManualOrientacao_MMA_2017-06-20.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Fundo Nacional do Meio Ambiente. **Edital FNMA/FSA nº 01/2017**: apoio a projetos de compostagem. Brasília, DF: FNMA, 2017b. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/editais_e_chamadas/Edital_Compostagem_2017_v.%20FINAL-PRORROG.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos. Brasília: MDR/SNS, 2017c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos. Brasília: MDR/SNS, 2018a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Fundo Nacional do Meio Ambiente. **Manual para Elaboração de Projetos**. Brasília, DF: FNMA, 2018b. Disponível em: https://mma.gov.br/images/arquivos/apoio_a_projetos/fnma/manual_de_elaboracao_de_projetos.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Planos de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: MMA, 2019. Disponível em: <https://sinir.gov.br/planos-de-residuos-solidos>. Acesso em: 27 nov. 2019.

CAMPANI, D. B. A política nacional de resíduos sólidos e a sustentabilidade de nossa sociedade. In: AMARO, A. B.; VERDUM, R. (org.). **Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas Interfaces com o Espaço Geográfico**: entre conquistas

e desafios. Porto Alegre: Editora Letra1, 2016. p. 13-21. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/147901>. Acesso em: 6 abr. 2020.

CAMPOS, K.; RIBEIRO, C.; ABREU, F. Teto de shopping em São Paulo vira horta orgânica de 5 mil m²: ao lado da marginal Pinheiros, espaço utiliza adubo gerado a partir de resíduos orgânicos da praça de alimentação. **Revista Globo Rural**, São Paulo, 11 maio 2018. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Cidades-Verdes/noticia/2018/04/teto-de-shopping-em-sao-paulo-vira-horta-organica-de-5-mil-m.html>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CASTRO, B. A.; ARAÚJO, M. A. D. Gestão de resíduos sólidos sob a ótica da Agenda 21: um estudo de caso em uma cidade nordestina. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 4, p. 561-587, jul. 2004.

CEPAGRO. **O passo-a-passo de uma Revolução: compostagem e agricultura urbana na gestão comunitária de resíduos orgânicos**. Florianópolis: Cepagro, 2016a. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Cepagro/o-passoapasso-de-uma-revoluo-compostagem-e-agricultura-urbana-na-gesto-comunitria-de-resduos-orgnicos>. Acesso em: 19 abr. 2019.

CEPAGRO. **Revolução dos Baldinhos: a tecnologia social da gestão comunitária de resíduos orgânicos e agricultura urbana**. Florianópolis: Cepagro, 6 maio 2016b. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2016/05/06/tecnologia-social-da-revolucao-dos-baldinhos-em-cartilha-para-download-gratuito/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CEPAGRO. **Revolução dos Baldinhos e Cepagro reaplicam a gestão comunitária de resíduos orgânicos no RN**. Florianópolis: Cepagro, 19 dez. 2016c. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2016/12/19/revolucao-dos-baldinhos-e-cepagro-reaplicam-a-gestao-comunitaria-de-residuos-organicos-no-rn/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CEPAGRO. **Cepagro e Revolução dos Baldinhos levam a gestão de resíduos orgânicos para Foz do Iguaçu (PR)**. Florianópolis: Cepagro, 11 jul. 2018a. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2018/07/11/cepagro-e-revolucao-dos-baldinhos-levam-a-gestao-de-residuos-organicos-para-foz-do-iguacu-pr/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CEPAGRO. **Revolução dos Baldinhos chega a Taubaté (SP)**. Florianópolis: Cepagro, 10 mar. 2018b. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2018/03/10/revolucao-dos-baldinhos-chega-a-taubate-sp/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CEPAGRO. **Cepagro e Revolução dos Baldinhos reaplicam gestão comunitária de resíduos orgânicos**. Florianópolis: Cepagro, 12 fev. 2019. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2019/02/12/cepagro-e-revolucao-dos-baldinhos-reaplicam-gestao-comunitaria-de-residuos-organicos/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CEPAGRO. **Histórico**. Florianópolis: Cepagro, 2020. Disponível em: <https://cepagroagroecologia.wordpress.com/historico/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CHAVES, G. A. K. **Estudo acadêmico sobre sustentabilidade no município de Feliz**. [mensagem pessoal Mensagem recebida por: <engbrunolfleite@gmail.com>. entre: 8 abr. 2019 e 08 de maio 2020.

CHERNEY, M. **How to Turn Compost into Cash: a tour of recology's composting facility shows how waste can be saved from landfills to make an in-demand product**. [S. l.]: Vice Media Group, 24 mar. 2014. Não paginado. Disponível em: https://www.vice.com/en_us/article/539gwb/how-to-turn-compost-into-cash. Acesso em: 23 mar. 2020.

COELHO-DE-SOUZA, C. H. **Proposta de Método para Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

COMELLI, J. P. **Agricultura urbana: contribuição para a qualidade ambiental urbana e desenvolvimento sustentável. Estudo de caso – hortas escolares no município de Feliz (RS)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

COMO funciona a compostagem em telhados verdes de empreendimentos comerciais? **AECWeb**, [S. l.], c2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-funciona-a-compostagem-em-telhados-verdes-de-empreendimentos-comerciais/17109>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CONHEÇA os objetivos sustentáveis mundiais para a gestão de resíduos sólidos. [S. l.]: Movimento Lixo Cidadão, 2020. Não paginado. Disponível em: <http://movimentolixocidadao.com.br/conheca-os-objetivos-sustentaveis-mundiais-para-gestao-dos-residuos-solidos/>. Acesso em: 3 fev. 2020

CONSONI, Â. J.; PERES, C. S.; CASTRO, A. P. Origem e Composição do Lixo. In: VILHENA, A. (coord.) **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cempre, 2018. p. 27-40.

CORSAN. **Tabela tarifária e preço de serviços**. Porto Alegre: Corsan, 2019. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/sistematarifario> Acesso em: 29 jun. 2020.

CRNKOVIC, G. D. Constructive Research and Info-computational Knowledge Generation. **Model-Based Reasoning in Science and Technology**, Berlin, v. 314, p. 359-380, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15223-8_20. Acesso em: 15 set. 2020.

DESIDÉRIO, M. As 35 cidades mais igualitárias do Brasil. **Revista Exame**, São Paulo, 13 set. 2016. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/as-35-cidades-mais-igualitarias-do-brasil/>. Acesso em: 11 maio 2019.

DIAZ, L. F.; BERTOLDI, M.; BRIDLINGMAIER, W.; STENTIFORD, E. Systems Used in Composting. In: DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; EGGERTH, L. L.; CHIUMENTI, A. (ed.). **Compost Science and Technology**. [s.i.]: Elsevier, 2007. Cap. 5. p. 67-87.

DICIONÁRIO Brasileiro da Língua Portuguesa: Michaelis. **Lixo**. São Paulo: Melhoramentos, 2020. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=lixo>. Acesso em: 23 jul. 2020.

EASTERLY, W. The trouble with the sustainable development goals. **Current History**, v. 114, n. 775, p. 322-324, Nov. 2015.

EIGENHEER, E. M. **Lixo: a limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Elsevier, 2009. Disponível em: <http://www.lixoeeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

EUROPEAN COMMISSION. European Statistical System. **Municipal Waste Highlights**. [S. l.]: Eurostat, 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics. Acesso em: 30 mar. 2020.

EWING, E. Cuba's organic revolution. **The Guardian**, London, 4 Apr. 2008. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2008/apr/04/organics.food>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Lei nº 1.071, de 29 de dezembro de 1994**. [É estabelecido por esta Lei o Código Tributário Municipal, consolidado a legislação tributária do Município, observando os princípios da Legislação Federal]. Feliz: PMF, 1994.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Lei nº 1.809, de 30 de junho de 2005**. Reestrutura o Regime próprio de Previdência Social dos Servidores Efetivos do Município de Feliz e dá outras providências. Feliz: PMF, 2005.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Lei nº 1.935, de 1º de agosto de 2006**. Dispõe sobre a implantação do Plano de Carreira, estabelece o quadro de cargos, vencimentos e funções públicas do Município e dá outras providências. Feliz: PMF, 2006.

FELIZ. **Política de Saneamento Básico local e Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Feliz (RS): Relatório Final**. Feliz: Beck de Souza Engenharia, nov. 2012.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Lei nº 3.264, de 24 de maio de 2017**. Estatuto dos Servidores Públicos do Município de Feliz. Feliz: PMF, 2017.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Aspectos Geográficos**. Feliz: PMF, 2019a. Disponível em: <https://www.feliz.rs.gov.br/web/aspectos-geograficos>. Acesso em: 09 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Coleta seletiva**. Feliz: PMF, 2019b. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/web/coleta-seletiva>. Acesso em: 09 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Decreto nº 4036, de 17 de janeiro de 2019**. Atualiza os valores dos Anexos I, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII e XIV da Lei Municipal nº 3.317, de 29.09.2017 – Código Tributário Municipal, para o exercício de 2019. Feliz: PMF, 2019c.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Demografia**. Feliz: PMF, 2019d. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/web/demografia>. Acesso em: 9 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Economia**. Feliz: PMF, 2019e. Disponível em: <http://www.feliz.rs.gov.br/web/economia>. Acesso em: 9 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Feliz terá novo sistema de coleta de lixo**. Feliz: PMF, 2019f. Disponível em: <https://www.feliz.rs.gov.br/web/noticia/264/feliz-tera-novo-sistema-de-coleta-de-lixo>. Acesso em: 9 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal. **Histórico**. Feliz: PMF, 2019g. Disponível em: <https://www.feliz.rs.gov.br/web/historico>. Acesso em: 9 maio 2019.

FELIZ. Prefeitura Municipal²⁶. **Taxas pela prestação de serviços principal**. Feliz, PMF, 2020a. Disponível em: <http://sistemas.feliz.rs.gov.br:8081/pronimtb/index.asp?acao=3&item=8&visao=10&ano=2019&mesinicial=20190101&mesfinal=20191231&unidadegestora=-1&fonterecurso=-1&nivel=9&idNatureza=2954>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FELIZ. Prefeitura Municipal²⁷ **Rodrigo Junges & Cia LTDA**. Feliz, PMF, 2020b. Disponível em: <http://sistemas.feliz.rs.gov.br:8081/pronimtb/index.asp?acao=3&item=1&visao=5&ano=2019&mesinicial=20190101&mesfinal=20191231&unidadegestora=-1&forug=8269&numpaghist=1&idNatureza=571>. Acesso em: 15 abr. 2020

FGV. **Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2014. Disponível em: <https://cmicro.fgv.br/data-sets>. Acesso em: 11 maio 2019.

²⁶ Estando no site da Prefeitura Municipal de Feliz, deve-se buscar o seguinte roteiro para chegar a página que contém a informação: Categoria econômica 1 – Receitas correntes → Origem 1.1 – Impostos, taxas e contribuições de melhoria → Espécie 1.1.2 – taxa → desdobramento – 1 1.1.2.2 – taxas pela prestação de serviços → desdobramento – 2 1.1.2.2.01 – taxas pela prestação de serviços → desdobramento – 3 1.1.2.2.01.1 – taxas de prestação de serviços → Tipo 1.1.2.2.01.1.1 – taxas pela prestação de serviços – principal → desdobramento livre – 1 1.1.2.2.01.1.1.00 – taxas pela prestação de serviços principal.

²⁷ Estando no site da Prefeitura Municipal de Feliz, deve-se buscar o seguinte roteiro para chegar a página que contém a informação: Despesas → Destino: Atividade → Projeto: Manutenção de atividade de Coleta Seletiva de Resíduos → Natureza da despesa: 3.3.90.39 – outros serviços de terceiros – pessoa jurídica → credor: Rodrigo Junges & Cia LTDA.

FLACH, G. **Dissertação sobre resíduos sólidos no Município de Feliz.**

[mensagem pessoal] Mensagens recebidas por: <engbrunolfleite@gmail.com> entre 5 jul. 2019 e 25 de set. 2019.

FLECK, E.; REICHERT, G. A. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Porto Alegre: 2014/2015. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10., 2016, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: ABES, 2016. p. 1-8.

FLORIANÓPOLIS. **Lei nº 10.501, de 08 de abril de 2019.** Florianópolis: Prefeitura Municipal, 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/2019/1051/10501/lei-ordinaria-n-10501-2019-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-da-reciclagem-de-residuos-solidos-organicos-no-municipio-de-florianopolis>. Acesso em: 8 jan. 2020.

FORMAS de disposição de resíduos: aterro sanitário. [S. l.]: Unesp/IGCE, 1999. Disponível em: <https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>. Acesso em: 10 set. 2019.

GEHRKE, A. E. B. **Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Apoio a Gestão de Resíduos da Construção Civil em Municípios de Pequeno Porte.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GERCHMANN, L. Saída de fábrica ameaça posição de Primeiro Mundo de Feliz (RS). **Folha de São Paulo.** São Paulo. 18 out. 1999. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1810199904.htm>. Acesso em: 13 maio 2019.

GIL, C. G. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. **Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global**, [S. l.]. v. 140, p. 107-118, 2017/2018.

GOOGLE EARTH. **Feliz, RS.** [S. l.]: Google Earth, 2020. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Feliz,+RS/@-29.4573644,-51.26856725,319.01388576a,32386.69369466d,35y,0h,0t,0r/data=CnQaShJECiUweDk1MWVhYjFjODI0ZDdlZjE6MHg0YmlyYjk1ZTA4NTA1NWZmGQlmc0tudD3AlDIKH YU1p0nAKglGZWxpeiwgUIMYAiABliYKJAmGVVqVvoQ0QBGFVQqVvoQ0wBniOv81zHsiQCFdJqNJ-ztXwA>. Acesso em: 16 jul. 2020.

GOOGLE MAPS. **De Feliz - RS a CRVR.** [S. l.]: Google Earth, 2020. Disponível em: <https://www.google.com/maps/dir/Feliz+-+RS/CRVR+-+Minas+Do+Le%C3%A3o,+Buti%C3%A1+-+RS/@-29.7980302,-51.8622928,10z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x951eab1c824d7ef1:0x4b b2b95e085055ff!2m2!1d-51.3063208!2d-29.4548175!1m5!1m1!1s0x951ba77b09c4094b:0x228f21f268b2be70!2m2!1d-52.0144859!2d-30.1466041!3e0>. Acesso em: 16 jul. 2020.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. R. Rio+20 ou Rio-20? crônica de um fracasso anunciado. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 19-39, dez. 2012.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2012000300003>. Acesso em: 30 jan. 2020.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, Curitiba, v. 11, n. 12, p. 65-79, 2012. Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/466/356>. Acesso em: 27 jan. 2020.

GÜTTLER, G. **Programa Lixo Orgânico Zero em Lages-SC**. Ituiutaba: Plataforma Ituiutaba Lixo Zero, 8 mar. 2016. Não paginado. Disponível em: <https://plataformaituiutabalixozero.wordpress.com/2016/03/08/programa-lixo-organico-zero-em-lages-sc>. Acesso em: 17 mar. 2020.

IBGE. **Tabela 202: população residente por situação de domicílio**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/202#resultado>. Acesso em: 10 maio 2019.

IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

IBGE. **Feliz**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/feliz/>. Acesso em: 10 de novembro de 2019.

IBGE. **Estimativa da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 10 maio 2019.

IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – Sinapi**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020 Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 29 jun. 2020.

INÁCIO, C. T.; BETTIO, D. B.; MILLER, P. R. M. Potencial de Mitigação de Emissões de Metano via Projetos de Compostagem de Pequena Escala. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. 1., 2009, Vitória. **Anais [...]**, Vitória, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 1-6. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/664359/potencial-de-mitigacao-de-emissoes-de-metano-via-projetos-de-compostagem-de-pequena-escala>. Acesso em: 6 fev. 2020.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

JACOBI, P. Meio Ambiente e Sustentabilidade. *In*: O MUNICÍPIO no século XXI: cenários e perspectivas. ed. espec. São Paulo: Cepam, 1999. p. 175-183.

KUHN, D. **Análise multidimensional dos padrões urbanos do espaço público: o caso da cidade de Feliz (RS)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

KUHN, E. A. **Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz (RS)**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LAFAY, J. M. S. **Metodologia para implantação da coleta segregativa do lixo domiciliar para cidades de pequeno porte visando o uso racional da energia**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

LIMA, E. P. **Planos e Técnicas de Amostragem**. Pelotas: Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, 2006.

LOU, X. F.; NAIR, J. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions: a review. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 100, n. 16, p. 3792-3798, ago. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.006>. Acesso em: 6 fev. 2020.

LUCHESA, C. J.; CHAVES NETO, A. **Cálculo do tamanho da amostra nas pesquisas em Administração**. Curitiba: Unicuritiba, 2011. Disponível em: https://www.unicuritiba.edu.br/images/calculo_do_tamanho_da_amostra_-_texto_final_para_impressapso1.pdf. Acesso em: 17 jun. 2020.

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O. P. (ed.). **Case Study Research in Logistics**. Turku (FIN): Kirjapaino Grafia Oy, 2003. p. 83-101.

LYLE, J. T. **Regenerative Design for Sustainable Development**. Pomona (EUA): John Wiley and Sons, 1994.

MAESTRI, J. C. **Reciclagem Local dos Resíduos Orgânicos com Participação Comunitária**. 2010. TCC (Graduação de Agronomia) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/CCATCCs/agronomia/ragr97.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MAESTRI, J. C. **Dissertação sobre gerenciamento de resíduos orgânicos em municípios de pequeno porte**. [mensagem pessoal] Mensagens recebidas por: <engbrunolfleite@gmail.com>. entre: 27 de jan. 2020 e 01 jul. 2020.

MOSCHETTA, G. G. **Abordagem para o lançamento de uma “Paisagem Urbana Produtiva Contínua” em um município de pequeno porte**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MOTA, A. R. S.; SILVA, N. M. Cenário histórico e considerações gerais acerca dos resíduos sólidos. **Desarrollo Local Sostenible**, [S. l.], v. 7, n. 20, p. 1-18, jul. 2014. Disponível em: <http://www.eumed.net/rev/delos/20/sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

MUGICA, Y.; SPACHT, A.; HENLY, A. **San Francisco Composting: from fork to farm and back**. San Francisco: Natural Resources Defense Council, 2017. Disponível em: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/food-matters-san-francisco-composting-cs.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.

MURALIKRISHNA, I. V.; MANICKAM, V. **Environmental Management: Science and Engineering for Industry**. [S. l.]: Elsevier, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811989-1.00016-6>. Acesso em: 15 jun. 2019.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142012000100005>. Acesso em: 24 jan. 2020.

ONU. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Oslo: ONU, 1987.

ONU. **A ONU e o Meio Ambiente**. [S. l.]: Nações Unidas Brasil, 2020. Não paginado. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 24 abr. 2020.

OYEGOKE, A. The constructive research approach in project management research. **International Journal of Managing Projects in Business**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 573-595, 13 set. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/17538371111164029>. Acesso em: 15 set. 2020.

PAIM, A. B. H. **A agricultura urbana e as suas contribuições para a segurança alimentar e o desenvolvimento mais sustentável das pequenas municipalidades. Estudo de caso: hortas domésticas no Município de Feliz (RS)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PINHO, P. M. O. **Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia brasileira**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-02012012-132128/en.php>. Acesso em: 19 abr. 2019.

PORTO ALEGRE. DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA. **Poa Sem Bituca**. 2015. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=208. Acesso em: 03 fev. 2021.

QGIS. **QGIS: um sistema de informação geográfica livre e aberto**. [S. l.]: QGIS, 2020. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 6 jul. 2020

QUARESMA, J. B. **Proposta para tratamento dos resíduos sólidos da cidade de Monte Alegre**. Belém: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1998.

RECICLA SAMPA. **Bituca de cigarro é lixo ou pode ser reciclada?** 2019. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/bituca-de-cigarro-e-lixo-ou-pode-ser-reutilizada>. Acesso em: 04 fev. 2021.

RICCI, M. S. F. **Manual de Vermicompostagem**. Porto Velho: Embrapa-RO, 1996. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23262/1/Ricci-doc-31.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Coordenadoria de Resíduos Sólidos. **Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 23 jul. 2013. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/residuos-solidos>. Acesso em: 30 jul. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: SEMA, 2014. Disponível em: <http://www.pers.rs.gov.br/arquivos/ENGB-SEMA-PERS-RS-40-Final-rev01.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Resolução Consema nº 372/2018, de 22 de fevereiro de 2018**. Porto Alegre: Consema-RS, 01 mar. 2018. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17101650-372-2018-atividades-licenciaveis-compilada.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Resolução Consema nº 408/2019, de 10 de outubro de 2019**. Altera a Resolução 372/2018. Porto Alegre: Consema-RS, 28 out. 2019a. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201910/31093557-408-2019-altera-a-resolucao-372-2018-codrams-glossario-e-anexo-iii.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Contas do Estado. Direção de Controle e Fiscalização Supervisão de Auditoria Municipal. **Orientação Técnica Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares: projeto, contratação e fiscalização**. 2. ed. Porto Alegre: TCE-RS, 2019b. Disponível em: http://www1.tce.rs.gov.br/portal/page/portal/tcers/publicacoes/orientacoes_gestores. Acesso em: 30 jun. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Contas do Estado. **Concorrência 3/2020**. Feliz (RS): TCE-RS, 2020. Disponível em: http://www1.tce.rs.gov.br/aplicprod/f?p=50500:10:::NO:10:P10_ID_LICITACAO,P10_PAG_RETORNO,F50500_CD_ORGAO:725274,14,48000&cs=1qv6Zqt2qGqXTefMv7bglGBxx7-o. Acesso em: 9 jul. 2020.

RISSE, V. **Programa Feiras e Jardins Sustentáveis**. [S. l.]: Aliança Resíduo Zero Brasil, abr. 2019. Disponível em: <http://residuozero.org.br/boas-praticas/programa-feiras-e-jardins-sustentaveis/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

RODRIGUE, J. P. **The Geography of Transportation Systems**. 5th ed. New York: Routledge, 2020. Disponível em: https://transportgeography.org/?page_id=5711. Acesso em: 19 mar. 2020.

RODRIGUES, E. **Dissertação sobre resíduos sólidos no Município de Feliz**. [mensagem pessoal] Mensagens recebidas por: <engbrunolfleite@gmail.com>. em: 16 jan. 2020.

ROLNIK, R. Resíduos sólidos urbanos: repensando suas dimensões. *In*: SANTOS, M. C. L. dos; DIAS, S. L. F. G. (org.). **Resíduos Sólidos Urbanos e seus impactos ambientais**. São Paulo: IEE-USP, 2012. p. 18-22.

SABESP. **NTS 181**: dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – primeira ligação. 4 ed. São Paulo: Sabesp, 2017. Disponível em: <https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS181.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

SAMUEL, P. R. S. **Alternativas Sustentáveis de Tratamento de Esgotos Sanitários Urbanos, através de Sistemas Descentralizados, para Municípios de Pequeno Porte**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Especial de Comunicação. **Compostagem em São Paulo transforma resíduos de feiras livres em composto orgânico**: material é distribuído de forma gratuita aos moradores da cidade – saiba como retirar e utilizar o composto orgânico. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2019. Não paginado. Disponível em: <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/compostagem-em-sao-paulo-transforma-residuos-de-feiras-livres-em-composto-organico>. Acesso em: 19 mar. 2020.

SÃO PAULO (Município). Autoridade Municipal de Limpeza Urbana. **Resíduos Orgânicos**: compostagem em São Paulo. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/index.php?p=283430>. Acesso em: 19 mar. 2020.

SHOPPING monta projeto de compostagem no teto. [S. l.]: Muda Tudo, 8 nov. 2017. Disponível em: <https://mudatudo.com.br/shopping-tem-compostagem-no-teto/>. Acesso em: 17 mar. 2020.

SILVA, B. M.; RANZI, B. D.; OROFINO, F. V. G.; AQUINO, I. F.; MAESTRI, J. C.; ABREU, M. J.; ROVER, O. J.; MILLER, P. R. M.; RODRIGUES, R. C. **Critérios Técnicos para Elaboração de Projeto, Operação e Monitoramento de Pátios de Compostagem de Pequeno Porte**. Florianópolis: Fapesc, 2017.

- SILVA, T. R. M. **Projeto Lixo Orgânico Zero da Udesc Lages com a Prefeitura recebe veículos para percorrer escolas.** Florianópolis: Udesc, 2019a. Disponível em:
https://www.udesc.br/noticia/projeto_lixo_organico_zero_da_udesc_lages_com_a_pr_efeitura_recebe_veiculos_para_percorrer_escolas. Acesso em: 17 mar. 2020.
- SILVA, T. R. M. **Projeto Lixo Orgânico Zero da UDESC Lages e da Prefeitura recebe prêmio nacional.** Florianópolis: Udesc, 2019b. Disponível em:
https://www.udesc.br/cav/noticia/projeto_lixo_organico_zero_da_udesc_lages_e_da_prefeitura_recebe_premio_nacional. Acesso em: 17 mar. 2020.
- SOUZA, D. T. P. **Corredores verdes: uma abordagem para o seu planejamento em municípios brasileiros de pequeno porte.** 2012. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- TRAN-THANH, K. **Farming the future: Cuba's food transformation.** London, IIED, 19 May 2016. Não paginado. Disponível em: <https://www.iied.org/farming-future-cubas-food-transformation>. Acesso em: 07 jun. 2019.
- TRATAMENTO de Resíduos. [S. l.]: BIOIDEIAS, c2020. Disponível em:
<http://bioideias.com/solucoes/5>. Acesso em: 17 mar. 2020.
- UNIÃO EUROPEIA. Direcção-Geral do Ambiente. **Exemplos de compostagem e de recolhas selectivas bem sucedidas.** Bruxelles: Direcção-Geral do Ambiente, 2000. Disponível em:
https://ec.europa.eu/environment/waste/publications/pdf/compost_pt.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.
- VIOLA, E.; FRANCHINI, M. Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 1-18, dez. 2012. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2012000300002>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- WERNER, M. **Cuba's Composting!** Santa Cruz (USA): University of California, [199_?]. Disponível em: <http://www.fadr.msu.ru/rodale/agsieve/txt/vol7/art1.html>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Apêndice A

Quadro A 1 – Compostagem na Europa

Local	População atingida	Capacidade anual	Método utilizado
Baix Camp (Espanha)	25 mil	30 mil toneladas de orgânicos e 5 mil toneladas de resíduos verdes e de jardins	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fração orgânica+resíduos de jardins fica 2 a 3 semanas fermentando; 2. Separação granulométrica do que é compostável e rejeitos; 3. A mistura fica em leiras revolvidas mecânicamente entre 12 e 14 semanas; e 4. Peneiramento e venda.
Barcelona (Espanha)	137 mil	Hoje são processadas na central cerca de 3 500 toneladas de resíduos orgânicos, 2 400 toneladas de lamas de ETA e 4 800 toneladas de resíduos verdes e de jardim. A capacidade é de processamento de 16 mil toneladas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mistura resíduos orgânicos e resíduos de jardins, e lodos de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) com aparas de madeira; 2. Introdução nos túneis de compostagem (2 a 3 dias); 3. Fermentação entre 10 e 14 dias; 4. A mistura fica em leiras revolvidas mecânicamente semanalmente, durante 2 meses; e 5. Peneiramento e venda.
Montejurra (Espanha)	52 mil	10 mil toneladas de resíduos orgânicos são efetivamente compostados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fração orgânica é triturada e colocada em leiras revolvidas por cerca de 25 dias; 2. Peneiramento e retirada de materiais não compostáveis; 3. Colocação em leiras novamente, onde fica por 8 semanas; 4. Peneiramento e venda.
Bapaume (França)	23,6 mil	6 mil toneladas de resíduos orgânicos efetivamente compostados, sendo 7 mil ton a capacidade total	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trituração da fração orgânica; 2. Colocação em leiras entre duas paredes, onde é arejado por ventilador e revirado por processo mecânico, ficando uma semana; 3. Resíduos são transferidos para recipiente onde fica uma semana, sendo transferido a outros recipientes mais 3 vezes, completando 4 semanas; 4. Peneiramento e retirada de materiais não compostáveis; e 5. Composto é maturado, entre 2 e 3 meses.
Gironde (França)	20 mil	Entre 24 e 36 mil toneladas de resíduos orgânicos efetivamente compostados, sendo 40 mil ton a capacidade total	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trituração da fração orgânica; 2. Colocação em leiras com revolvimento mecânico e adição de água, fica entre 3 e 4 semanas; 3. Peneiramento para retirar elementos de maiores dimensões e "materiais rejeitáveis"; 4. Maturação durante 5 a 6 meses.
Niort (França)	12 mil habitações (aprox. 28 mil hab.)	10 mil toneladas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trituração, umidificação e deposição em leiras; 2. Revolvimento e umidificação; 3. Fermentação (entre 5 e 6 meses); e 4. Maturação (em torno de um mês), peneiramento, armazenamento do produto final e reciclagem das partículas de maiores dimensões.

Cork (Irlanda)	280 mil	Mil toneladas de resíduos verdes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coleta de resíduos verdes em locais específicos e trituração já na coleta; 2. Colocação em leiras; e 3. Aplicação em viveiros de planta.
Tralee (Irlanda)	5,6 mil	500 toneladas de resíduos de cozinha e jardim, e jornais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resíduos coletados juntamente a aparas de madeira; 2. Trituração dos resíduos e colocação em leiras com cobertura de um material que permite a entrada de ar e a saída de vapor da pilha e impede a infiltração de água; 3. A leira é revolvida quinzenalmente; 4. Após 10 semanas, os resíduos são peneirados e colocados em uma "pilha de maturação", após 38 semanas o composto pode ser utilizado.
Limerick (Irlanda)	2,8 mil	950 toneladas de resíduos orgânicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material é triturado; 2. Colocação em leiras, com revolvimento mecânico; 3. Peneiramento em 3 meses - remoção de plásticos e outros contaminantes; e 4. Armazenamento durante 8 a 10 semanas.
Cupello (Itália)	20 mil	40 mil toneladas resíduos domésticos (indiferenciados) e de jardim	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fração orgânica é misturada com resíduos de jardim e colocada em "plataforma coberta" com arejamento, onde fica por 90 a 100 dias.
Monza (Itália)	120 mil	Em 1998/99 foram recolhidas 7 mil toneladas de resíduos de cozinha e 3,5 mil toneladas de resíduos de jardim. Os resíduos são distribuídos em várias centrais de compostagem.	<p>(No principal centro de compostagem - que processa 60 mil toneladas por ano)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Separação primária dos resíduos domésticos e trituração dos resíduos de jardim, posteriormente misturados com lodos de ETAR; 2. Compostagem em biocontendor (14 dias); 3. Continuação da maturação (20 dias); e 4. Peneiramento e armazenamento, ao ar livre, do composto.
Padova (Itália)	205 mil	30 mil toneladas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trituração dos resíduos e mistura com lodos de ETAR; 2. Leiras com aeração forçada e revolvidas entre 3 e 4 vezes por mês; 3. Maturação das leiras com revolvimento a cada 8 a 10 dias; e 4. Peneiramento e armazenamento. Duração aproximada do processo: 3 meses.
Oeiras (Portugal)	150 mil	Tem "uma capacidade anual para processar 250 000 toneladas de resíduos provenientes da recolha selectiva e indiferenciada. Cerca de 50% do total de resíduos é enviado para deposição em aterro."	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leiras com aeração forçada e revolvimento durante 2 meses e meio; 2. Peneiramento e separação de rejeitos plásticos e metálicos; e 3. Armazenamento e ensacamento (entre 2 e 3 meses).

Porto (Portugal)	1 mi	30 mil toneladas processadas (atende a 5% da população)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Separação dos resíduos não compostáveis em duas fases, sendo parte desse processo a trituração e homogeneização dos resíduos; 2. Deposição dos resíduos em leiras revolvidas periodicamente (entre 2 e 4 meses); 3. Terceira separação dos resíduos inertes; 4. Maturação final (entre 1 mês e meio e dois meses); e 5. Ensacamento.
Arun (Inglaterra)	140 mil	3600 compostores de 300 litros	Compostagem doméstica.
Morpeth (Inglaterra)	5 mil habitações	5 mil toneladas de resíduos domésticos e de jardim	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoção de materiais contaminantes de maiores dimensões como sacos plásticos; 2. Resíduos são moídos e colocados em leiras revolvidas mecanicamente (7 semanas); e 3. Peneiramento e ensacamento.
Kent (Inglaterra)	1 mil	50 toneladas de resíduos domésticos e 150 a 200 de resíduos de jardim	<p>Fração de resíduos de jardim é colocada em leira estática e permanece por um mês sendo movidos para outro local, onde fica mais um mês. Esse processo se repete em torno de nove vezes.</p> <p>Já, os resíduos de cozinha são colocados em um <i>container</i> marítimo adaptado, para passar por uma maturação anaeróbia por três semanas, sendo transferidos para outro <i>container</i> por mais três semanas, antes de serem misturados aos resíduos de jardim.</p>

Fonte: União Europeia (2000).

Apêndice B

Tabela B 1 – Dados de coleta de resíduos sólidos, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Feliz.

Ano	Mês	Total (ton)	Reciclado (ton)	Bota-fora (ton)	Disposto em aterro (ton)	Valor Líquido Pago	Custo por tonelada coletada final	Reciclado/Coletado
2016	Maio	244,5	72,35	10,5	161,05	R\$ 59.437,35	R\$ 243,10	29,59%
	Junho	244,5	45,04	10,7	188,06	R\$ 56.435,77	R\$ 230,82	18,42%
	Julho	244,5	57,84	11,7	175,36	R\$ 56.435,77	R\$ 230,82	23,66%
	Agosto	246,7	71,82	11,2	162,98	R\$ 56.435,77	R\$ 228,76	29,11%
	Setembro	245,7	67,66	10,5	166,84	R\$ 56.435,77	R\$ 229,69	27,54%
	Outubro	243,3	97,9	11,2	133,5	R\$ 56.435,77	R\$ 231,96	40,24%
	Novembro	245,9	62,36	10,99	171,94	R\$ 56.435,77	R\$ 229,51	25,36%
	Dezembro	247,3	62	11,2	173,4	R\$ 56.435,77	R\$ 228,21	25,07%
2017	Janeiro	248,6	50,65	11,5	186,5	R\$ 31.069,09	R\$ 124,98	20,37%
	Fevereiro	246,3	69,75	0,6	164,15	R\$ 59.821,92	R\$ 242,88	28,32%
	Março	248,8	50,4	11,9	185,8	R\$ 59.821,92	R\$ 240,44	20,26%
	Abril	249,1	75,42	11,2	161,78	R\$ 59.821,92	R\$ 240,15	30,28%
	Maio	248,3	72,73	11,8	163,07	R\$ 59.821,92	R\$ 240,93	29,29%
	Junho	249,8	52,41	11,5	185,19	R\$ 59.821,92	R\$ 239,48	20,98%
	Julho	247,3	59,39	11,7	175,41	R\$ 59.821,92	R\$ 241,90	24,02%
	Agosto	248,1	55,64	11,1	180,66	R\$ 59.821,92	R\$ 241,12	22,43%
	Setembro	244,7	61,59	11,8	170,51	R\$ 59.821,92	R\$ 244,47	25,17%
	Outubro	248,2	63,29	11,1	173,11	R\$ 59.821,92	R\$ 241,02	25,50%
	Novembro	247,4	58,4	11,8	176,4	R\$ 59.821,92	R\$ 241,80	23,61%
	Dezembro	245,5	87,92	11,6	145,28	R\$ 59.821,92	R\$ 243,67	35,81%
2018	Janeiro	243,6	61,22	10,8	171,08	R\$ 60.645,47	R\$ 248,96	25,13%
	Fevereiro	244,7	69,54	11,5	162,86	R\$ 61.586,66	R\$ 251,68	28,42%
	Março	245,1	69,54	10,6	146,94	R\$ 61.586,66	R\$ 251,27	28,37%
	Abril	222,02	46,54	16,6	238,62	R\$ 61.586,66	R\$ 277,39	20,96%
	Maio	221,5	16,02	11,4	194,08	R\$ 61.586,66	R\$ 278,04	7,23%
	Junho	198,1	36,62	11,1	149,58	R\$ 61.586,66	R\$ 310,89	18,49%
	Julho	199,3	21,99	11,8	190,21	R\$ 61.586,66	R\$ 309,01	11,03%
	Agosto	196,3	21,86	10,6	173,14	R\$ 61.586,66	R\$ 313,74	11,14%
	Setembro	191,5	18,18	11,8	160,62	R\$ 61.586,66	R\$ 321,60	9,49%
	Outubro	192,5	22,37	10,9	158,53	R\$ 61.586,66	R\$ 319,93	11,62%
	Novembro	193,2	36,94	11,6	143,76	R\$ 61.586,66	R\$ 318,77	19,12%
	Dezembro	187,1	37,49	10,8	137,71	R\$ 61.586,66	R\$ 329,16	20,04%
2019	Janeiro	185,3	44,78	11,2	128,42	R\$ 61.586,66	R\$ 332,36	24,17%
	Fevereiro	185,3	36,74	11,8	135,96	R\$ 61.586,66	R\$ 332,36	19,83%
	Março	193,5	15,79	10,4	166,41	R\$ 61.586,66	R\$ 318,28	8,16%
	Abril	189,3	56,29	10,9	121,21	R\$ 61.586,66	R\$ 325,34	29,74%
	Maio	192,3	30,9	11,6	148,7	R\$ 61.586,66	R\$ 320,26	16,07%
	Junho	194,6	14,3	10,2	179,5	R\$ 61.586,66	R\$ 316,48	7,35%
	Julho	197,3	13,45	11,7	171,45	R\$ 61.586,66	R\$ 312,15	6,82%
	Agosto	194,2	37,63	11,7	155,67	R\$ 61.586,66	R\$ 317,13	19,38%
Setembro	196,3	24,55	10,4	160,65	R\$ 61.586,66	R\$ 313,74	12,51%	

	Outubro	237,84	90,91	5,47	146,23	R\$ 61.586,66	R\$ 258,94	38,22%
	Novembro	224,43	59,5	13,58	164,03	R\$ 61.586,66	R\$ 274,41	26,51%
	Dezembro	235,32	48,51	7,57	178,44	R\$ 61.586,66	R\$ 261,71	20,61%
2020	Janeiro	238,1	66,3	5,98	164,79	R\$ 64.862,20	R\$ 272,42	27,85%
	Fevereiro	203,12	89,8	4,53	107,99	R\$ 64.862,20	R\$ 319,33	44,21%

Fonte: Adaptado de Chaves (2019).

Tabela B 2 – Tratamento estatístico dos dados entre maio de 2016 e fevereiro de 2020

	Total (ton)	Reciclado (ton)	Bota-fora (ton)	Disposto em aterro (ton)	Custo por tonelada coletada final	Reciclado/ Coletado
mínimo	185,3	13,5	0,6	108,0	R\$ 124,98	6,82%
máximo	249,8	97,9	16,6	238,6	R\$ 332,36	44,21%
média	224,7	51,8	10,7	164,3	R\$ 270,46	22,55%
mediana	240,7	56,0	11,2	164,5	R\$ 255,31	23,63%
desvio	25,1	22,1	2,4	21,8	R\$ 43,63	8,65%

Apêndice C

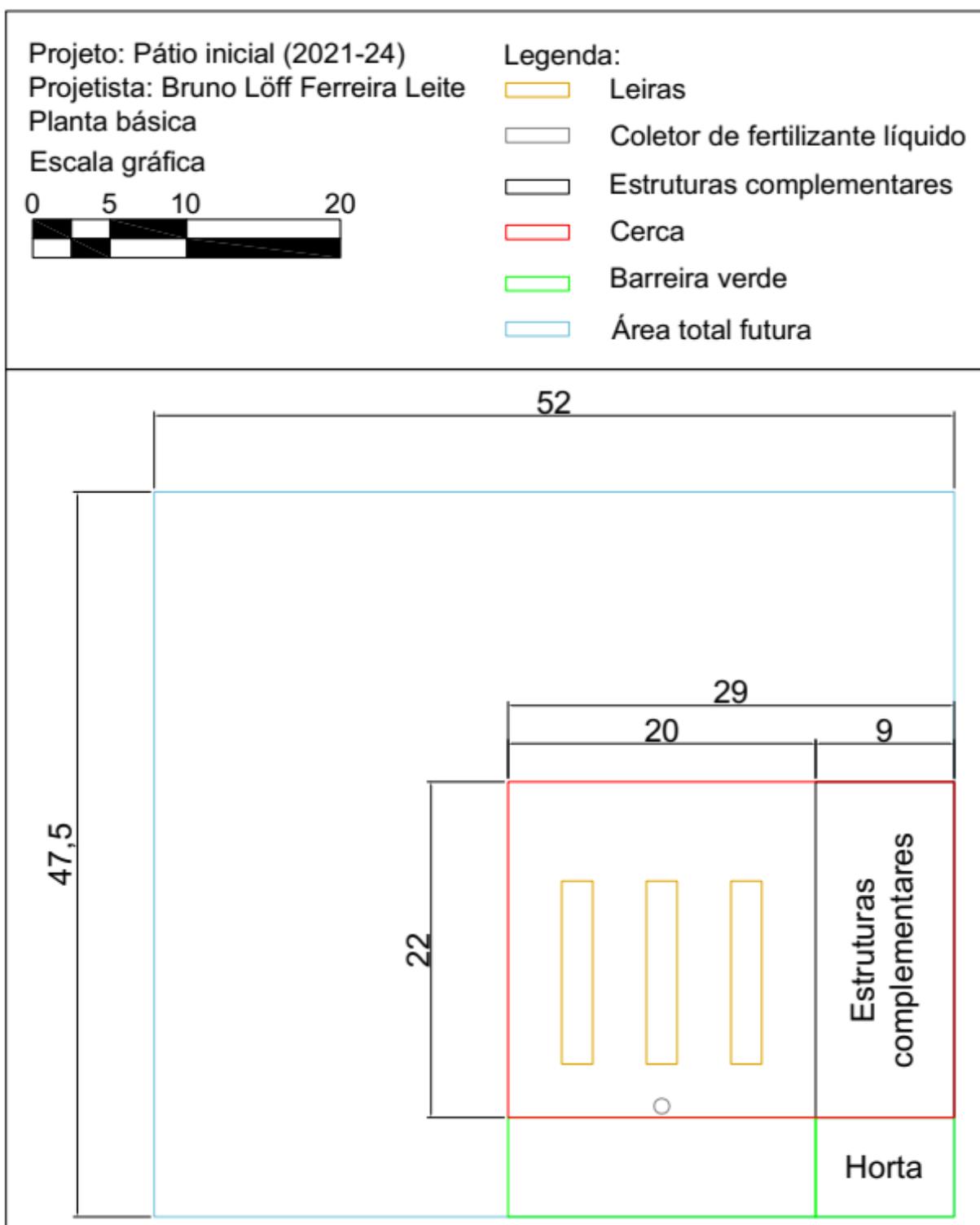
Tabela C 1 – Projeções do crescimento da população

PMISB				Feito pelo autor.								
Ano	Total	Urb.	Rural	Taxa anual de cresc. da pop. urbana	Taxa acum. do crescimento da pop. urbana	Pop. Total	Pop. Urb. inferida	Centro	Matiel	Bela Vista*	Vila Rica	Pop. urbana central
BRASIL, 2019a:												
2019	13.224	10.750	2.474	1,35%		13547	11013	2.638	2.738	1.912	2.641	9.929
2020	13.305	10.892	2.413	1,32%	1,32%	13.630	11.158	2.673	2.775	1.938	2.676	10.062
2021	13.384	10.957	2.427	0,60%	1,93%	13.711	11.225	2.689	2.791	1.949	2.692	10.121
2022	13.460	11.019	2.441	0,57%	2,50%	13.789	11.288	2.705	2.807	1.960	2.708	10.180
2023	13.533	11.079	2.454	0,54%	3,06%	13.864	11.350	2.719	2.822	1.971	2.722	10.234
2024	13.604	11.137	2.467	0,52%	3,60%	13.936	11.409	2.733	2.837	1.981	2.737	10.288
2025	13.672	11.193	2.479	0,50%	4,12%	14.006	11.466	2.747	2.851	1.991	2.750	10.339
2026	13.738	11.247	2.491	0,48%	4,62%	14.074	11.522	2.760	2.865	2.001	2.764	10.390
2027	13.802	11.299	2.503	0,46%	5,11%	14.139	11.575	2.773	2.878	2.010	2.776	10.437
2028	13.864	11.350	2.514	0,45%	5,58%	14.203	11.627	2.786	2.891	2.019	2.789	10.485
2029	13.924	11.399	2.525	0,43%	6,04%	14.264	11.677	2.798	2.904	2.028	2.801	10.531
2030	13.982	11.446	2.535	0,41%	6,47%	14.324	11.726	2.809	2.916	2.036	2.812	10.573
2031	14.037	11.492	2.546	0,40%	6,90%	14.380	11.773	2.821	2.927	2.044	2.824	10.616
2032	14.091	11.536	2.555	0,38%	7,31%	14.435	11.818	2.831	2.939	2.052	2.835	10.657
2033				0,36%	7,70%	14.487	11.860	2.841	2.949	2.060	2.845	10.695
2034				0,34%	8,06%	14.536	11.900	2.851	2.959	2.067	2.854	10.731
2035				0,32%	8,41%	14.582	11.938	2.860	2.969	2.073	2.863	10.765
2036	Projeção com base no período 2021-2032			0,30%	8,73%	14.626	11.974	2.869	2.978	2.079	2.872	10.798
2037				0,28%	9,04%	14.667	12.008	2.877	2.986	2.085	2.880	10.828
2038				0,26%	9,33%	14.706	12.040	2.885	2.994	2.091	2.888	10.858
2039				0,24%	9,59%	14.742	12.069	2.892	3.001	2.096	2.895	10.884
2040				0,23%	9,84%	14.776	12.096	2.898	3.008	2.101	2.901	10.908
					10,00%	14.902	12.114	2.902	3.012	2.104	2.906	10.924

Fonte: Brasil (2019a), Feliz (2012) e o autor (2019).

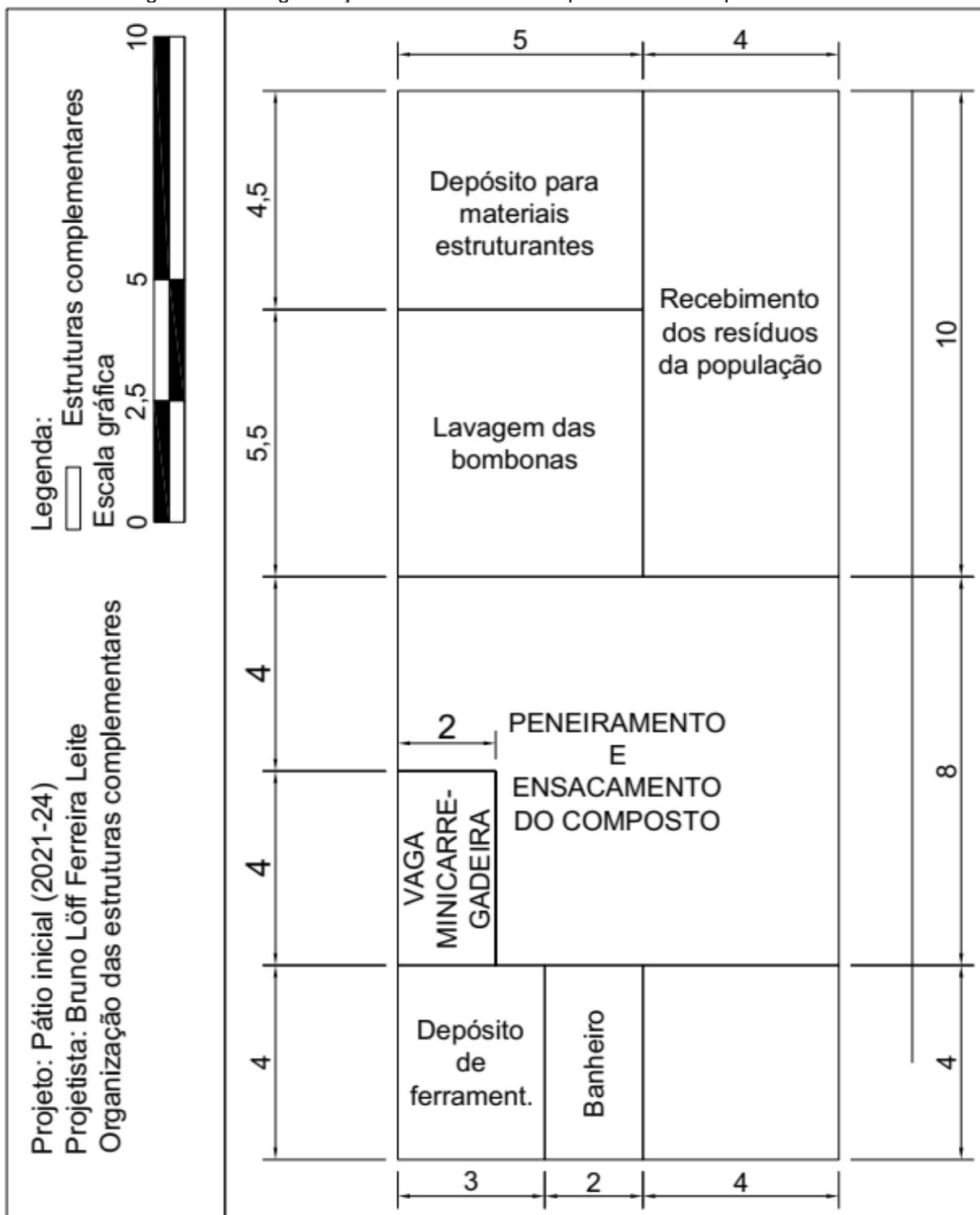
Apêndice D

Figura D 1 – Planta básica do pátio inicial



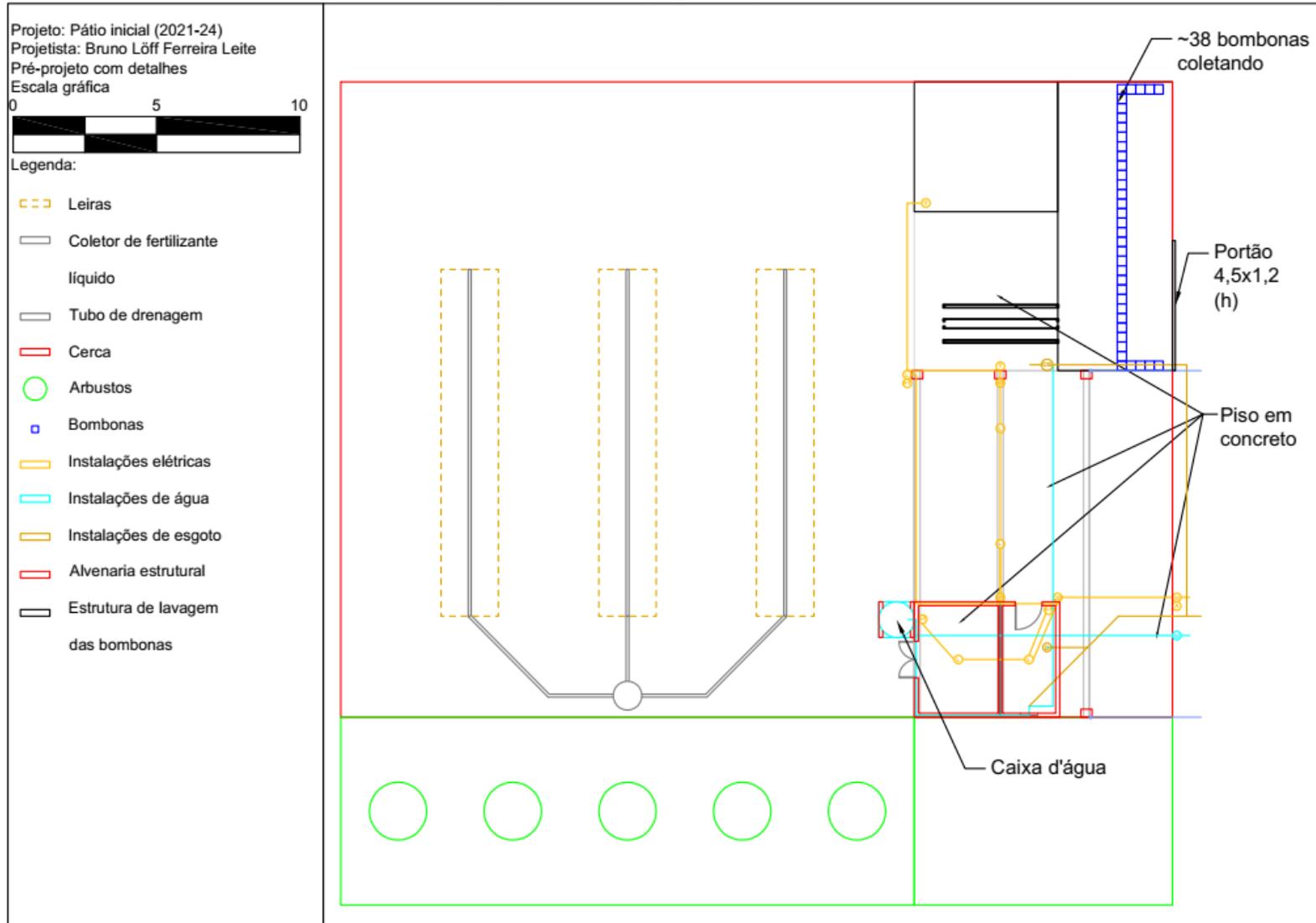
Fonte: própria do autor.

Figura D 2 – Organização das estruturas complementares do pátio inicial



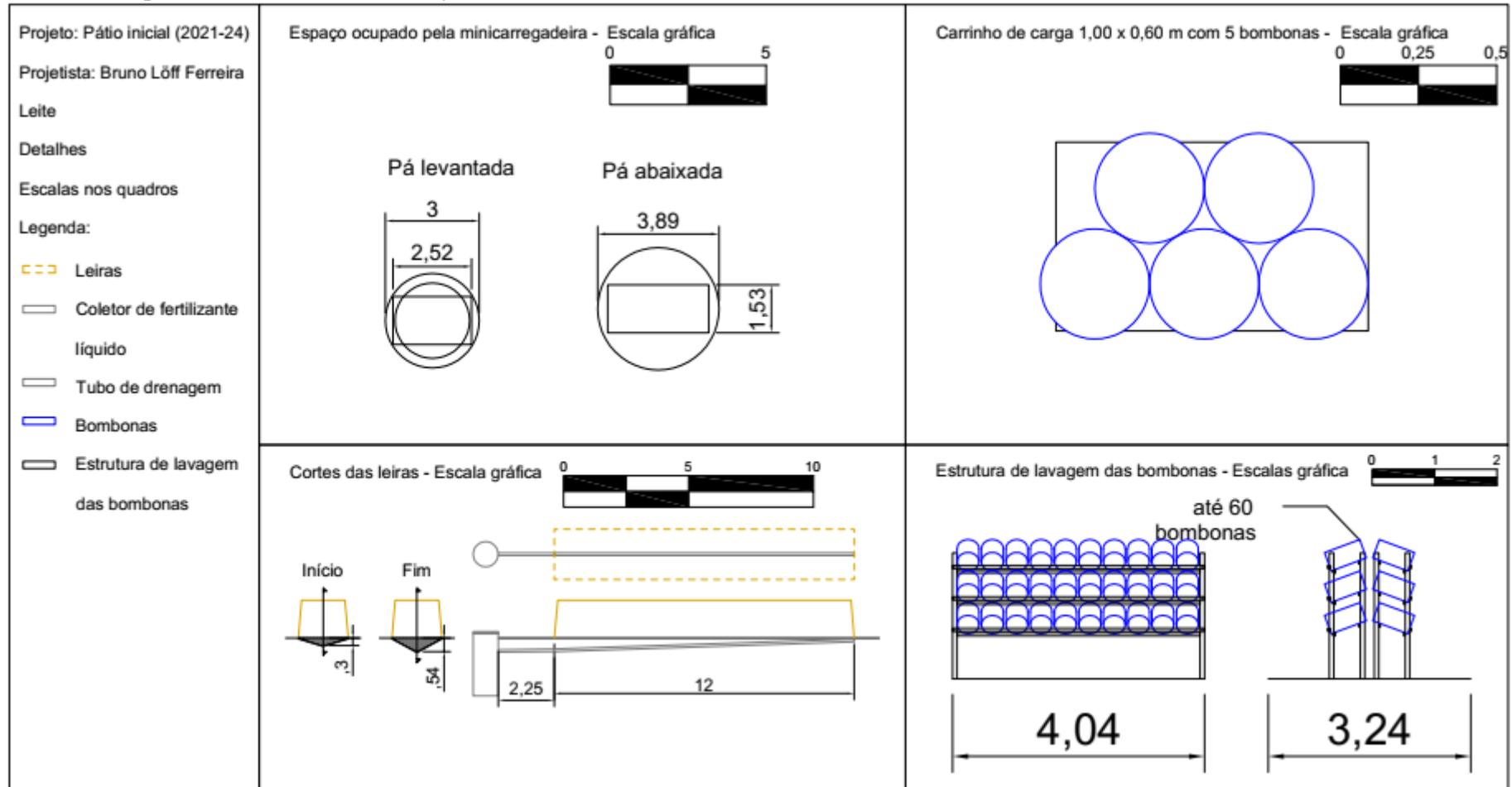
Fonte: própria do autor.

Figura D 3 – Pré-projeto do pátio inicial



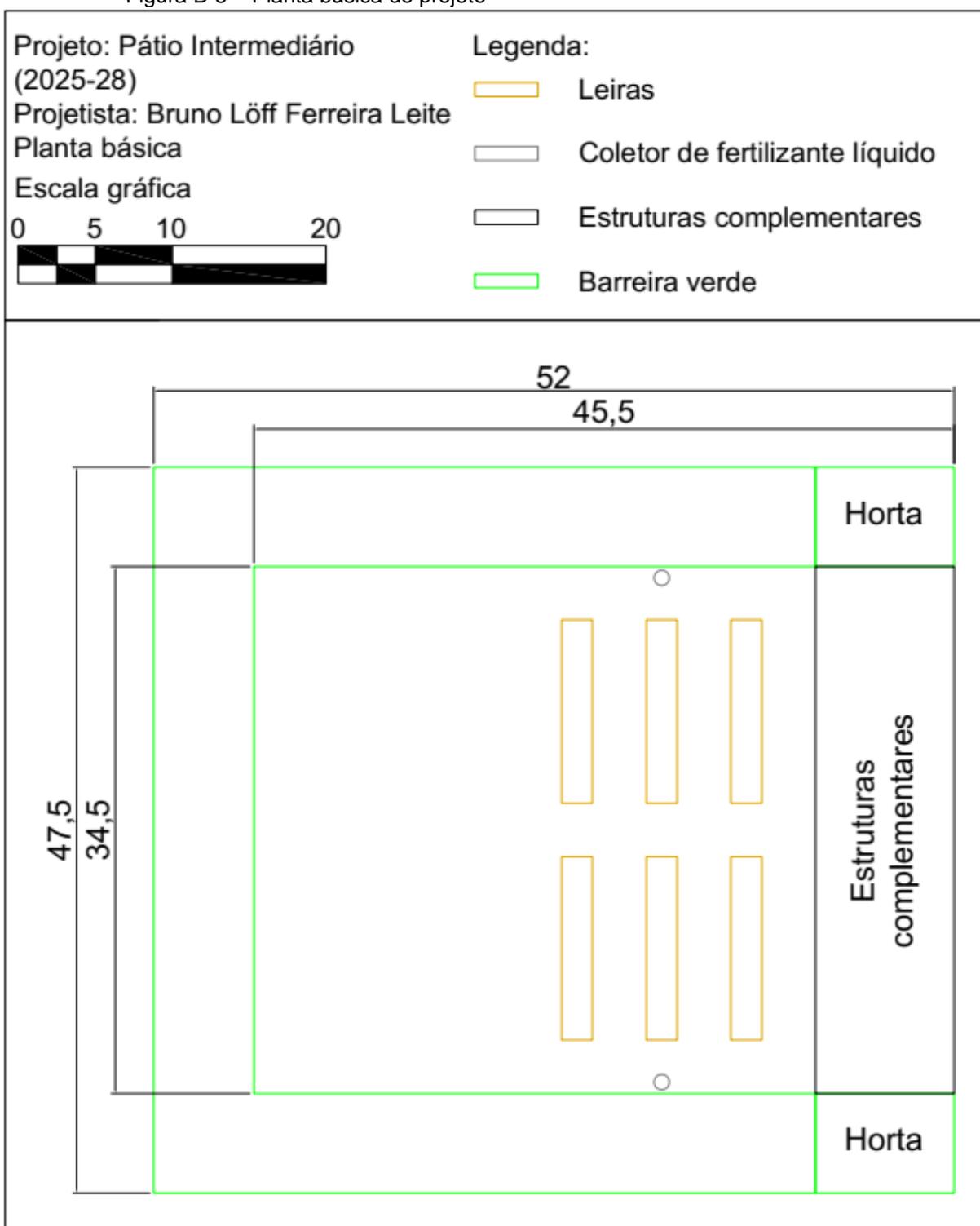
Fonte: própria do autor.

Figura D 4 – Detalhes utilizados para dimensionamento das estruturas



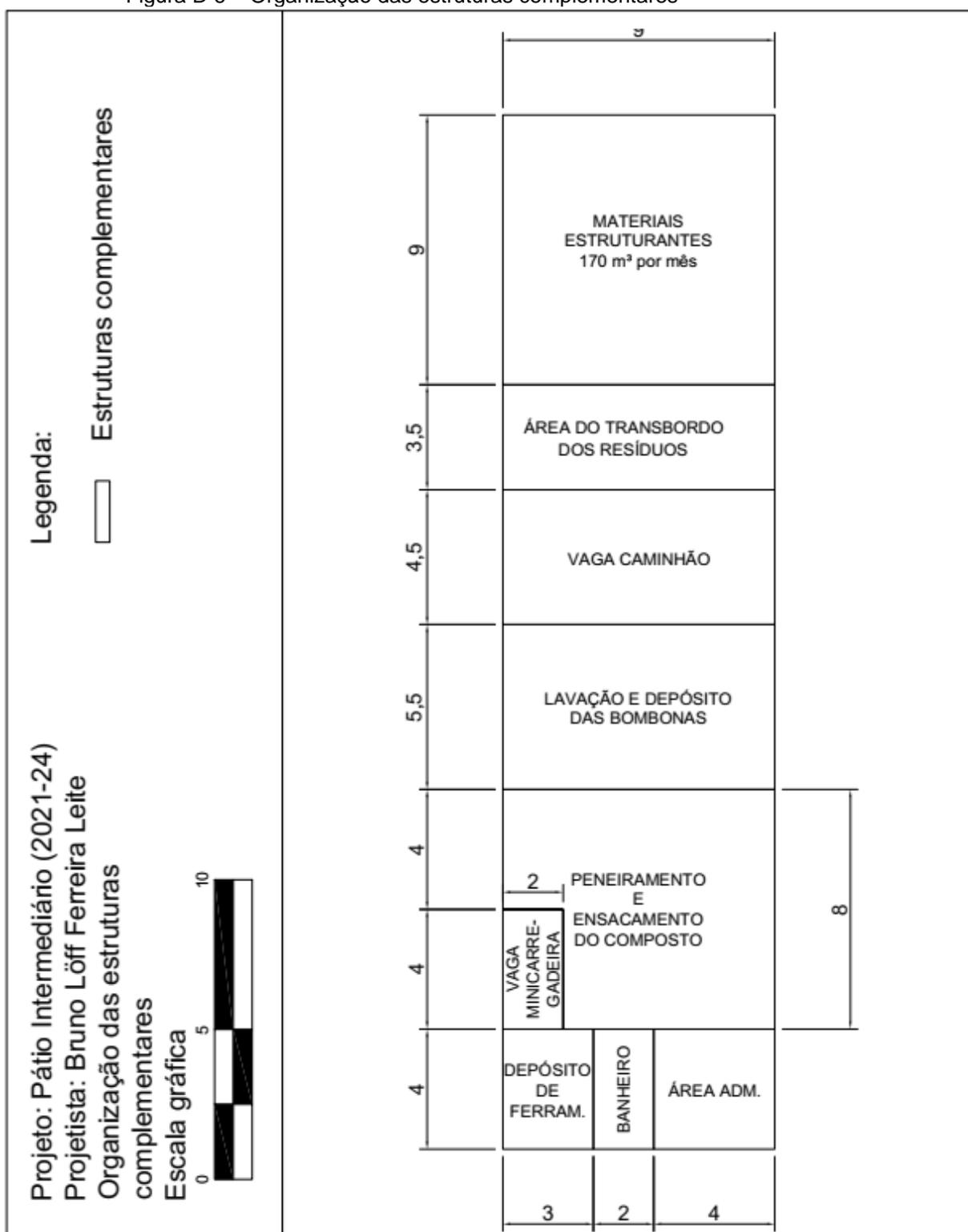
Fonte: própria do autor.

Figura D 5 – Planta básica do projeto



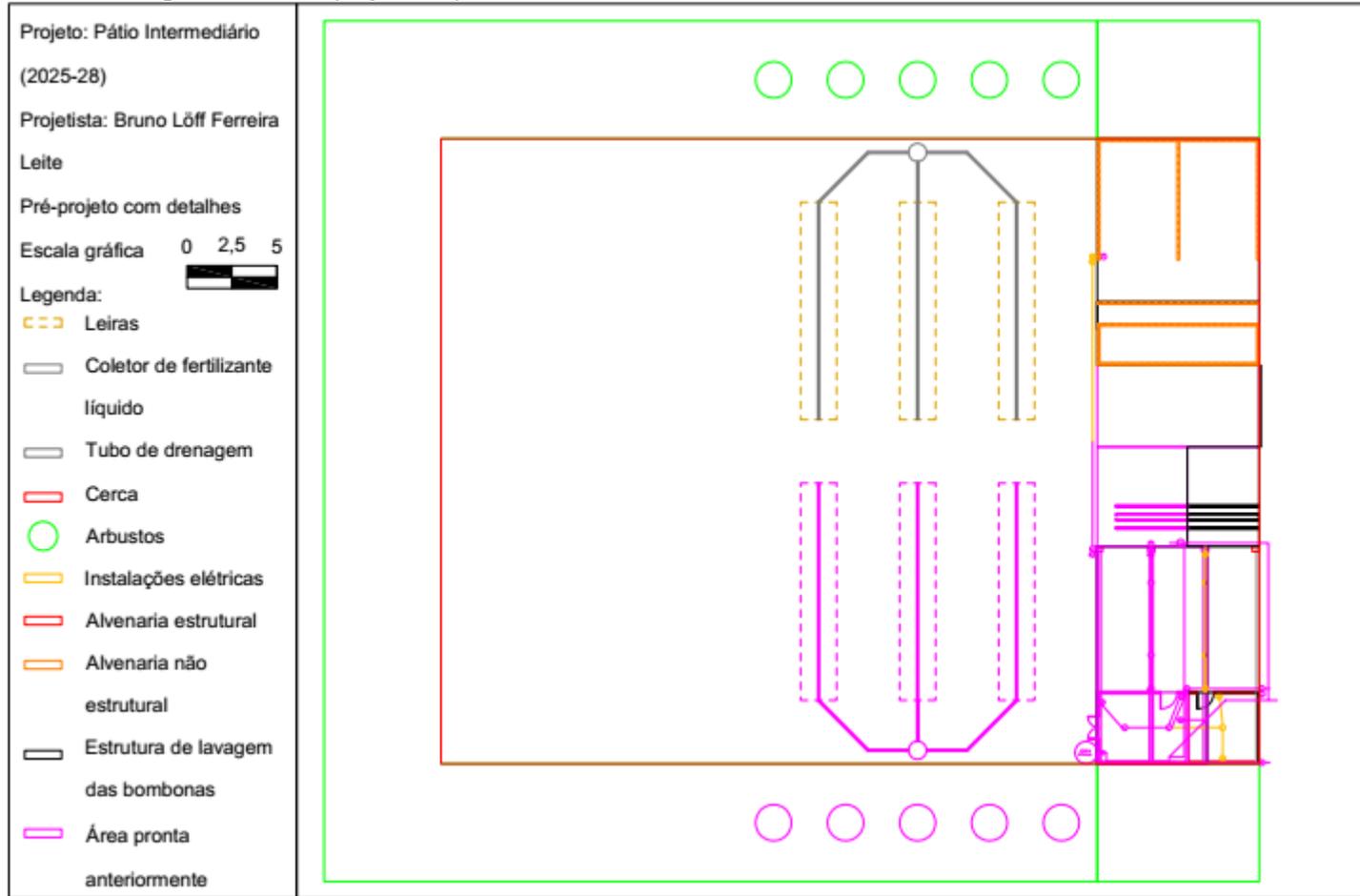
Fonte: própria do autor.

Figura D 6 – Organização das estruturas complementares



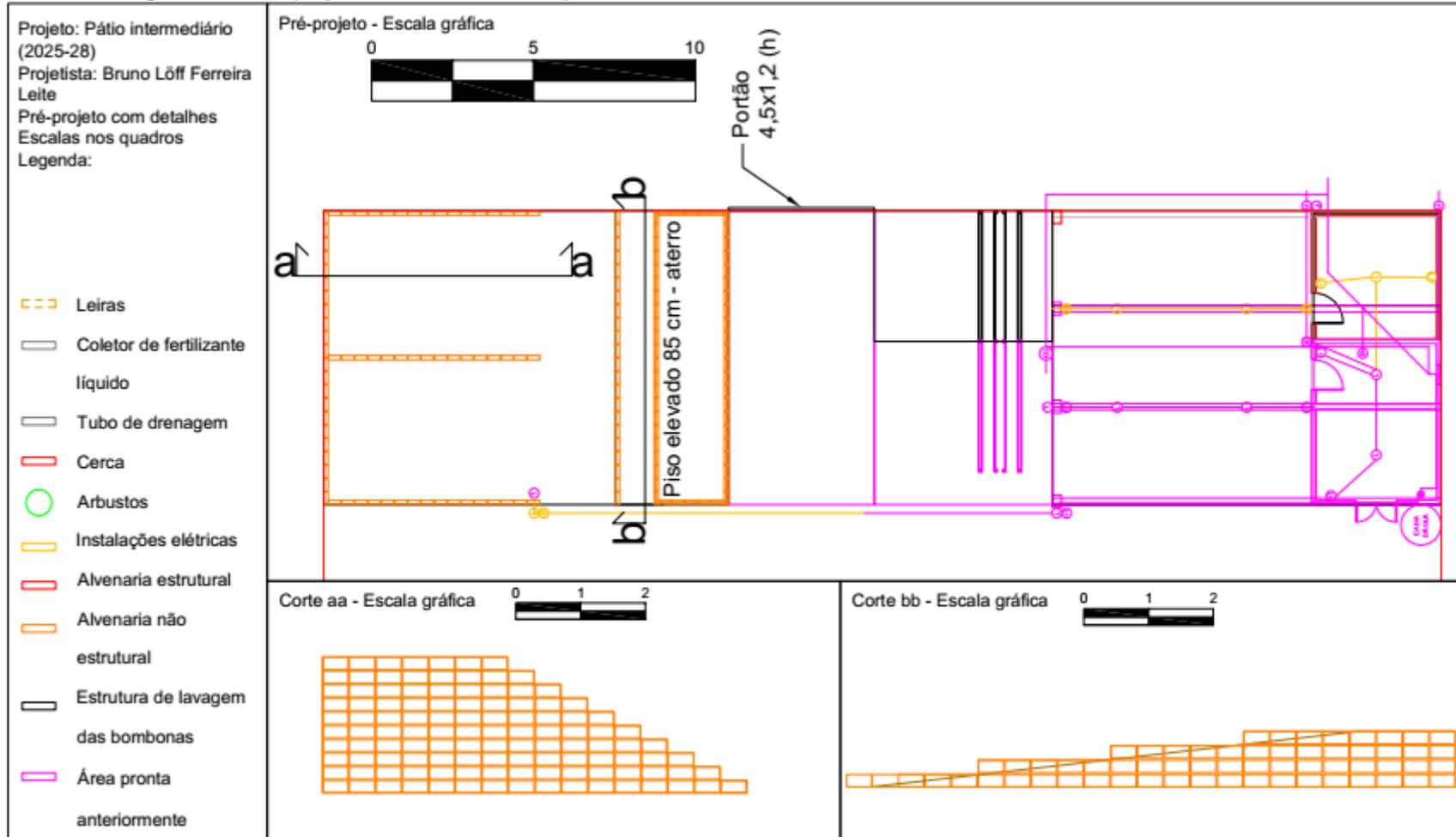
Fonte: Própria do autor.

Figura D 7 – Pré-projeto do pátio intermediário



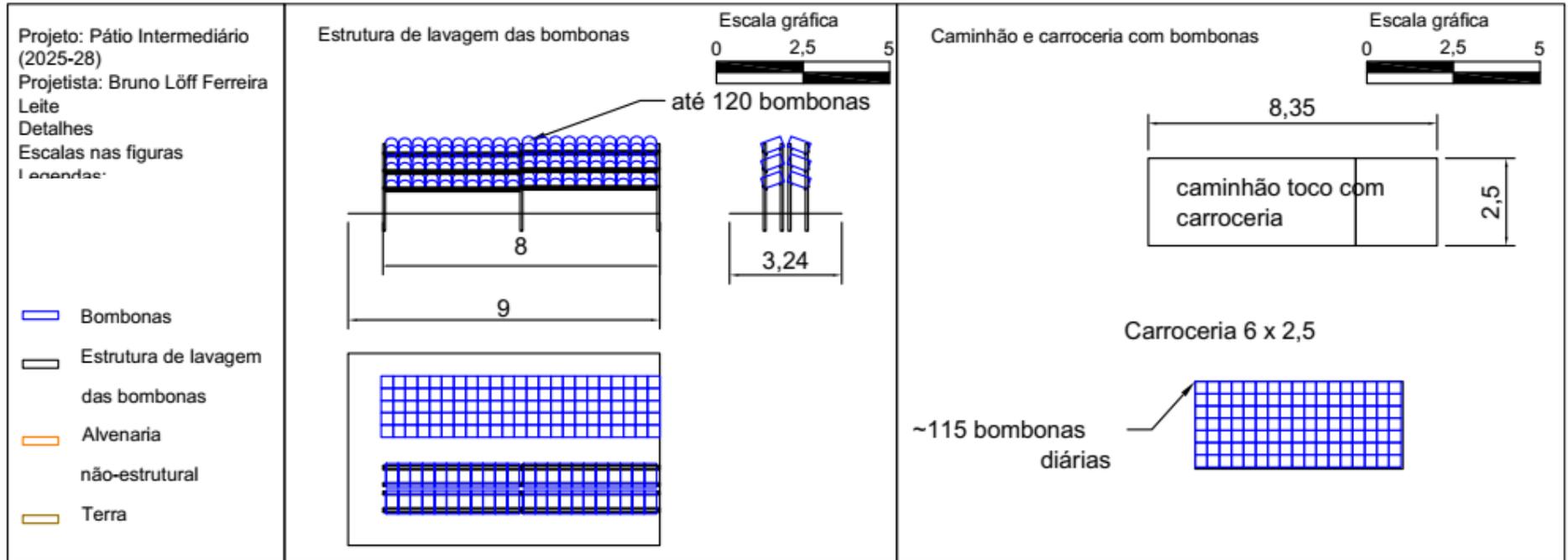
Fonte: própria do autor.

Figura D 8– Pré projeto das estruturas complementares



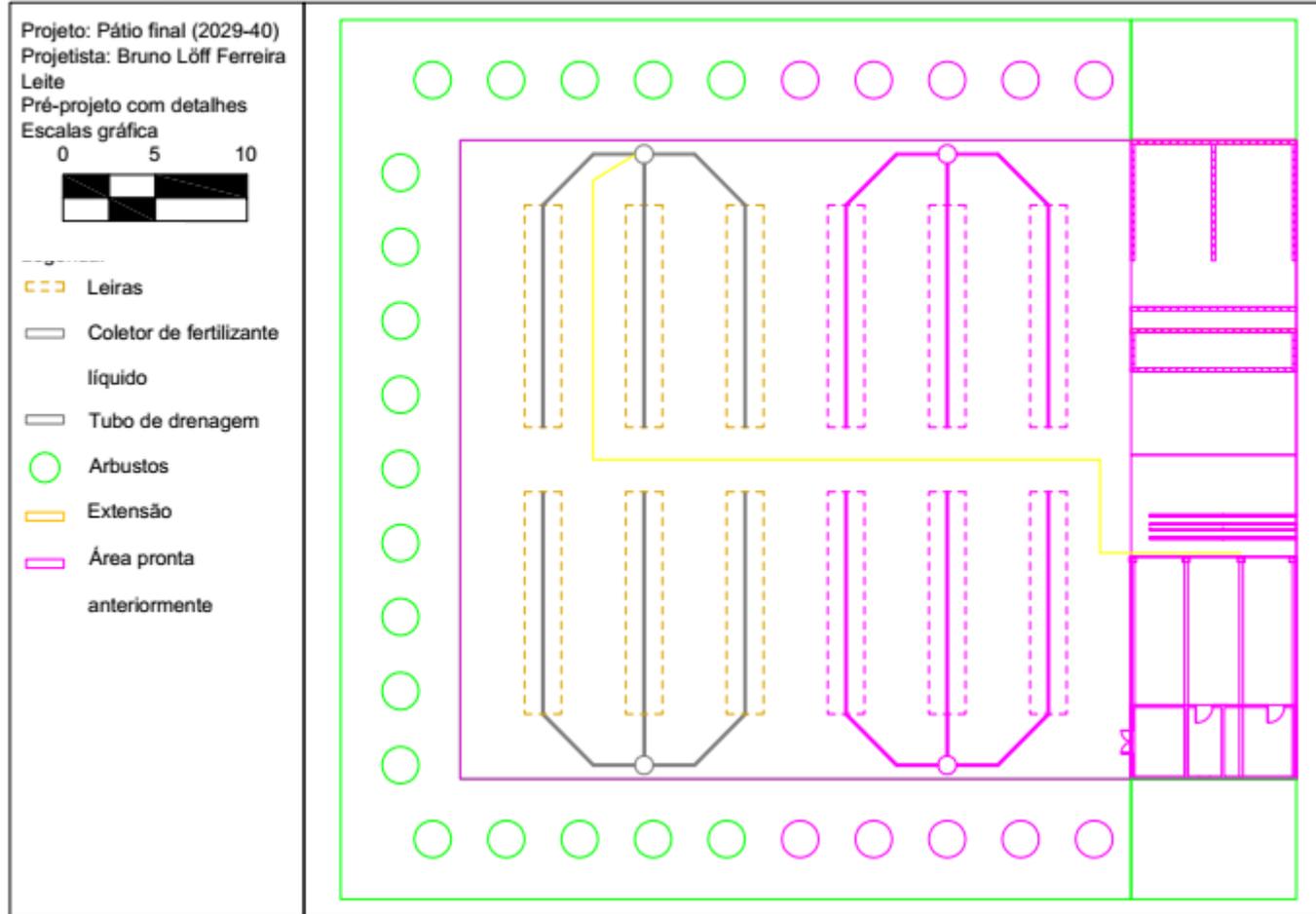
Fonte: própria do autor.

Figura D 9 – Detalhes do pátio intermediário



Fonte: própria do autor.

Figura D 10 – Pré-projeto do pátio final



Fonte: própria do autor.

Apêndice E

Quadro E 1 – Quantidade de resíduos tratados e composto gerado (em toneladas)

		Resíduos			Composto			
Período		Período	Por bateria	Acumulado	densidade do composto pronto é de			
2021/1	Jan	9,69	3,23	3,23	600,00		kg/m ³	
	Mar		3,23	6,46				
	Mai		3,23	9,69	Período	Por bateria	Acum.	Volume (m ³)
2021/2	Jul	19,38	6,46	16,15	2,42	0,81	0,81	1,35
	Set		6,46	22,61		0,81	1,62	1,35
	Nov		6,46	29,07		0,81	2,42	1,35
2022/1	Jan	38,76	12,92	41,99	4,85	1,62	4,04	2,69
	Mar		12,92	54,91		1,62	5,65	2,69
	Mai		12,92	67,84		1,62	7,27	2,69
2022/2	Jul	58,14	19,38	87,22	9,69	3,23	10,50	5,38
	Set		19,38	106,60		3,23	13,73	5,38
	Nov		19,38	125,98		3,23	16,96	5,38
2023	Jan	178,84	29,81	155,79	14,54	4,85	21,80	8,08
	Mar		29,81	185,59		4,85	26,65	8,08
	Mai		29,81	215,40		4,85	31,49	8,08
	Jul		29,81	245,20	44,71	7,45	38,95	12,42
	Set		29,81	275,01		7,45	46,40	12,42
	Nov		29,81	304,82		7,45	53,85	12,42
2024	Jan	179,82	29,97	334,79	44,96	7,45	61,30	12,42
	Mar		29,97	364,76		7,45	68,75	12,42
	Mai		29,97	394,73		7,45	76,20	12,42
	Jul		29,97	424,70	90,29	7,49	83,70	12,49
	Set		29,97	454,67		7,49	91,19	12,49
	Nov		29,97	484,64		7,49	98,68	12,49
2025	Jan	361,15	60,19	544,83	90,29	7,49	106,17	12,49
	Mar		60,19	605,02		7,49	113,67	12,49
	Mai		60,19	665,21		7,49	121,16	12,49
	Jul		60,19	725,40	90,29	15,05	136,21	25,08
	Set		60,19	785,60		15,05	151,26	25,08
	Nov		60,19	845,79		15,05	166,30	25,08
2026	Jan	362,93	60,49	906,28	90,73	15,05	181,35	25,08
	Mar		60,49	966,76		15,05	196,40	25,08
	Mai		60,49	1.027,25		15,05	211,45	25,08
	Jul		60,49	1.087,74	90,73	15,12	226,57	25,20
	Set		60,49	1.148,23		15,12	241,69	25,20
	Nov		60,49	1.208,72		15,12	256,81	25,20
2027	Jan	364,57	60,76	1.269,48	90,73	15,12	271,94	25,20
	Mar		60,76	1.330,24		15,12	287,06	25,20
	Mai		60,76	1.391,00		15,12	302,18	25,20
	Jul		60,76	1.451,76	91,14	15,19	317,37	25,32
	Set		60,76	1.512,52		15,19	332,56	25,32
	Nov		60,76	1.573,29		15,19	347,75	25,32
2028	Jan	366,28	61,05	1.634,33	91,14	15,19	362,94	25,32
	Mar		61,05	1.695,38		15,19	378,13	25,32
	Mai		61,05	1.756,42		15,19	393,32	25,32

	Jul		61,05	1.817,47		15,26	408,58	25,44	
	Set		61,05	1.878,52		15,26	423,84	25,44	
	Nov		61,05	1.939,56		15,26	439,11	25,44	
2029	Jan	691,89	115,31	2.054,88	91,57	15,26	454,37	25,44	
	Mar		115,31	2.170,19		15,26	469,63	25,44	
	Mai		115,31	2.285,51		15,26	484,89	25,44	
	Jul			115,31	2.400,82	172,97	28,83	513,72	48,05
	Set			115,31	2.516,13		28,83	542,55	48,05
	Nov			115,31	2.631,45		28,83	571,38	48,05
	Jan			115,77	2.747,22		28,83	600,21	48,05
2030	Mar	694,65	115,77	2.863,00		28,83	629,03	48,05	
	Mai		115,77	2.978,77		28,83	657,86	48,05	
	Jul		115,77	3.094,55	173,66	28,94	686,81	48,24	
	Set		115,77	3.210,32		28,94	715,75	48,24	
	Nov		115,77	3.326,10		28,94	744,69	48,24	
	Jan			116,25		3.442,34	28,94	773,64	48,24
2031	Mar	697,47	116,25	3.558,59		28,94	802,58	48,24	
	Mai		116,25	3.674,83		28,94	831,52	48,24	
	Jul		116,25	3.791,08	174,37	29,06	860,59	48,44	
	Set		116,25	3.907,32		29,06	889,65	48,44	
	Nov		116,25	4.023,57		29,06	918,71	48,44	
	Jan			116,69		4.140,26	29,06	947,77	48,44
	2032		Mar	700,16	116,69	4.256,95		29,06	976,83
Mai		116,69	4.373,65			29,06	1.005,89	48,44	
Jul		116,69	4.490,34		175,04	29,17	1.035,07	48,62	
Set		116,69	4.607,04			29,17	1.064,24	48,62	
Nov		116,69	4.723,73			29,17	1.093,41	48,62	
Jan			117,11			4.840,84	29,17	1.122,59	48,62
2033		Mar	702,66		117,11	4.957,95		29,17	1.151,76
	Mai	117,11		5.075,06		29,17	1.180,93	48,62	
	Jul	117,11		5.192,17	175,67	29,28	1.210,21	48,80	
	Set	117,11		5.309,28		29,28	1.239,49	48,80	
	Nov	117,11		5.426,39		29,28	1.268,77	48,80	
	Jan			117,50		5.543,90	29,28	1.298,04	48,80
	2034	Mar		705,03	117,50	5.661,40		29,28	1.327,32
Mai		117,50	5.778,91			29,28	1.356,60	48,80	
Jul		117,50	5.896,41		176,26	29,38	1.385,97	48,96	
Set		117,50	6.013,92			29,38	1.415,35	48,96	
Nov		117,50	6.131,42			29,38	1.444,73	48,96	
Jan			117,88			6.249,30	29,38	1.474,10	48,96
2035	Mar	707,26	117,88	6.367,17		29,38	1.503,48	48,96	
	Mai		117,88	6.485,05		29,38	1.532,85	48,96	
	Jul		117,88	6.602,93	176,82	29,47	1.562,32	49,12	
	Set		117,88	6.720,80		29,47	1.591,79	49,12	
	Nov		117,88	6.838,68		29,47	1.621,26	49,12	
	Jan			118,24		6.956,92	29,47	1.650,73	49,12
	2036		Mar	709,43	118,24	7.075,16		29,47	1.680,20
Mai		118,24	7.193,39			29,47	1.709,67	49,12	
Jul		118,24	7.311,63		177,36	29,56	1.739,23	49,27	
Set		118,24	7.429,87			29,56	1.768,79	49,27	
Nov		118,24	7.548,11			29,56	1.798,35	49,27	
Jan			118,57			7.666,68	29,56	1.827,91	49,27
2037	Jan	711,40	118,57	7.666,68		29,56	1.827,91	49,27	

	Mar		118,57	7.785,24		29,56	1.857,47	49,27
	Mai		118,57	7.903,81		29,56	1.887,03	49,27
	Jul		118,57	8.022,38	177,85	29,64	1.916,67	49,40
	Set		118,57	8.140,94		29,64	1.946,31	49,40
	Nov		118,57	8.259,51		29,64	1.975,95	49,40
2038	Jan	713,37	118,90	8.378,40		29,64	2.005,59	49,40
	Mar		118,90	8.497,30		29,64	2.035,24	49,40
	Mai		118,90	8.616,19	29,64	2.064,88	49,40	
	Jul		118,90	8.735,09	178,34	29,72	2.094,60	49,54
	Set		118,90	8.853,98		29,72	2.124,32	49,54
	Nov		118,90	8.972,88		29,72	2.154,05	49,54
2039	Jan	715,08	119,18	9.092,06	29,72	2.183,77	49,54	
	Mar		119,18	9.211,24	29,72	2.213,50	49,54	
	Mai		119,18	9.330,42	29,72	2.243,22	49,54	
	Jul		119,18	9.449,60	178,77	29,79	2.273,01	49,66
	Set		119,18	9.568,78		29,79	2.302,81	49,66
	Nov		119,18	9.687,96		29,79	2.332,60	49,66
2040	Jan	717,71	119,62	9.807,58	29,79	2.362,40	49,66	
	Mar		119,62	9.927,19	29,79	2.392,19	49,66	
	Mai		119,62	10.046,81	29,79	2.421,99	49,66	
	Jul		119,62	10.166,43	179,43	29,90	2.451,89	49,84
	Set		119,62	10.286,05		29,90	2.481,80	49,84
	Nov		119,62	10.405,66		29,90	2.511,70	49,84
2041	Jan				29,90	2.541,61	49,84	
	Mar				29,90	2.571,51	49,84	
	Mai				29,90	2.601,42	49,84	
<p>A diferença de 6 meses entre a coleta e a decomposição ocorre em função de o processo tomar esse tempo. Desse, 2 meses alimentando as leiras e 4 meses se decompondo.</p>								

Fonte: própria do autor.

Apêndice F

Quadro F 1 – Orçamento de materiais

	Cód.	Descrição	Unid.	Custo Unit.	Quant.	Custo total
	-	-	-	(R\$)	-	(R\$)

2021

Materiais	3 orç	Bombonas	UN	50,00	76,00	3.800,00
	3 orç	Forcado Curvo de arame 4 dentes	UN	115,83	2,00	231,66
	3 orç	Facão - cabo de madeira 14"	UN	27,32	2,00	54,64
	3 orç	Pá quadrada com cabo	UN	41,80	2,00	83,60
	38400	VASSOURA 40 CM COM CABO	UN	13,25	4,00	53,00
	38401	RODO PARA CHAO 40 CM COM CABO	UN	9,47	2,00	18,94
	38403	ENXADA ESTREITA *25 X 23* CM COM CABO	UN	29,70	2,00	59,40
	3 orç	Termômetro digital espeto	UM	36,66	1,00	36,66
	2711	CARRINHO DE MAO DE ACO CAPACIDADE 50 A 60 L, PNEU COM CAMARA	UN	119,90	1,00	119,90
	3 orç	Carrinho de Carga Plataforma 200kg Ferro Roda Maciça 10"	UN	548,10	1,00	548,10
	3 orç	Triturador de galhos elétrico - diâmetro máximo 70 mm - TRR250	UN	8.950,04	1,00	8.950,04
	3 orç	Balança digital até 50 kg	UN	839,68	1,00	839,68
	38410	PENEIRA ROTATIVA COM MOTOR ELETRICO TRIFASICO DE 2 CV, CILINDRO DE 1 M X 0,60 M, COM FUROS DE 3,17 MM	UN	9.683,70	1,00	9.683,70
3 orç	Ensacadeira - rendimento 3500 kg/h	UN	13.500,00	1,00	13.500,00	

Estruturas civis	89288	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X39, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2014	m²	49,12	61,40	3.015,97
	100675	KIT DE PORTA-PRONTA DE MADEIRA EM ACABAMENTO MELAMÍNICO BRANCO, FOLHA LEVE OU MÉDIA, 90X210, EXCLUSIVE FECHADURA, FIXAÇÃO COM PREENCHIMENTO TOTAL DE ESPUMA EXPANSIVA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	578,96	1,00	578,96

100700	PORTA DE MADEIRA COMPENSADA LISA PARA PINTURA, 120X210X3,5CM, 2 FOLHAS, INCLUSO ADUELA 2A, ALIZAR 2A E DOBRADIÇAS. AF_12/2019	UN	765,19	1,00	765,19
90830	FECHADURA DE EMBUTIR COM CILINDRO, EXTERNA, COMPLETA, ACABAMENTO PADRÃO MÉDIO, INCLUSO EXECUÇÃO DE FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	99,78	2,00	199,56
93184	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	19,73	2,94	58,01
94559	JANELA DE AÇO TIPO BASCULANTE PARA VIDROS, COM BATENTE, FERRAGENS E PINTURA ANTICORROSIVA. EXCLUSIVE VIDROS, ACABAMENTO, ALIZAR E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	m²	590,98	0,36	212,76
72116	VIDRO LISO COMUM TRANSPARENTE, ESPESSURA 3MM	m²	81,88	0,36	29,48
100659	ALIZAR DE 5X1,5CM PARA PORTA FIXADO COM PREGOS, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M	7,44	2,40	17,86
94588	CONTRAMARCO DE AÇO, FIXAÇÃO COM PARAFUSO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M	35,90	2,40	86,16
93182	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	26,00	0,84	21,84
93194	CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	25,56	0,84	21,48
92564	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM MADEIRA NÃO APARELHADA, VÃO DE 12 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	UN	2.075,54	3,00	6.226,62
92543	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	16,19	73,20	1.185,11
94207	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	m²	36,17	73,20	2.647,65
94223	CUMEEIRA PARA TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E = 6 MM, INCLUSO ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E IÇAMENTO. AF_07/2019	M	44,04	6,10	268,65
100434	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	45,53	12,20	555,47
91790	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	46,37	12,70	588,90

97084	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM COMPACTADOR DE SOLOS TIPO PLACA VIBRATÓRIA. AF_09/2017	m ²	0,51	135,50	69,11
95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m ²	12,75	135,50	1.727,63
97086	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2017	m ²	87,16	3,71	323,37
01. FUES. RADI. 007/01	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM USO DE TELA Q-92. AF_09/2017	m ²	9,38	135,50	1.270,99
97094	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 10 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2017	m ³	419,39	13,55	108,92
97097	ACABAMENTO POLIDO PARA PISO DE CONCRETO ARMADO DE ALTA RESISTÊNCIA. AF_09/2017	m ²	25,96	127,50	3.309,90

Instalações elétricas	1062	CAIXA INTERNA/EXTERNA DE MEDICAO PARA 1 MEDIDOR TRIFASICO, COM VISOR, EM CHAPA DE ACO 18 USG (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)	UN	170,00	1,00	170,00
	96977	CORDOALHA DE COBRE NU 50 MM ² , ENTERRADA, SEM ISOLADOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2017	M	28,22	2,00	56,44
	74131/4	QUADRO DE DISTRIBUICAO DE ENERGIA DE EMBUTIR, EM CHAPA METALICA, PARA 18 DISJUNTORES TERMOMAGNETICOS MONOPOLARES, COM BARRAMENTO TRIFASICO E NEUTRO, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	391,52	1,00	391,52
	93653	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016	UN	10,33	2,00	20,66
	2392	DISJUNTOR TIPO NEMA, TRIPOLAR 10 ATE 50A, TENSAO MAXIMA DE 415 V	UN	72,23	1,00	72,23
	91831	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 20 MM (1/2"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	5,66	26,50	149,99
	91924	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 1,5 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	1,89	79,50	150,26
	93145	PONTO DE ILUMINAÇÃO E TOMADA, RESIDENCIAL, INCLUINDO INTERRUPTOR SIMPLES E TOMADA 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO (EXCLUINDO LUMINÁRIA E LÂMPADA). AF_01/2016	UN	164,46	5,00	822,30

100904	LUMINÁRIA TIPO CALHA, DE SOBREPOR, COM 1 LÂMPADA TUBULAR FLUORESCENTE DE 20 W, COM REATOR DE PARTIDA CONVENCIONAL - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	44,34	4,00	177,36
97600	REFLETOR EM ALUMÍNIO, DE SUPORTE E ALÇA, COM 1 LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO DE 125 W, COM REATOR ALTO FATOR DE POTÊNCIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	225,31	1,00	225,31
97595	SENSOR DE PRESENÇA COM FOTOCÉLULA, FIXAÇÃO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	54,30	1,00	54,30
93143	PONTO DE TOMADA RESIDENCIAL INCLUINDO TOMADA 20A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_01/2016	UN	137,57	3,00	412,71

Instalações hidrossanitárias	95634	KIT CAVALETE PARA MEDIÇÃO DE ÁGUA - ENTRADA PRINCIPAL, EM PVC SOLDÁVEL DN 20 (1/2") FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO (EXCLUSIVE HIDRÔMETRO). AF_11/2016	UN	118,35	1,00	118,35
	95673	HIDRÔMETRO DN 20 (1/2"), 1,5 M³/H – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2016	UN	135,92	1,00	135,92
	88504	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	598,31	1,00	598,31
	74141/ 2	LAJE PRE-MOLD BETA 12 P/3,5KN/M2 VAO 4,1M INCL VIGOTAS TIJOLOS ARMADU-RA NEGATIVA CAPEAMENTO 3CM CONCRETO 15MPA ESCORAMENTO MATERIAIS E MAO DE OBRA.	m²	81,81	1,55	126,81
	89288	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X39, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2014	m²	49,12	2,48	121,82
	91784	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 20 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL OU RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	32,34	30,34	981,20
	91792	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBO DE PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM (INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	42,12	15,05	633,91
	91795	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INST. TUBO PVC, SÉRIE N, ESGOTO PREDIAL, 100 MM (INST. RAMAL DESCARGA, RAMAL DE ESG. SANIT., PRUMADA ESG. SANIT., VENTILAÇÃO OU SUB-COLETOR AÉREO), INCL. CONEXÕES E CORTES, FIXAÇÕES, P/ PRÉDIOS. AF_10/2015	M	47,86	7,30	349,38
98102	CAIXA DE GORDURA SIMPLES, CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,4 M, ALTURA INTERNA = 0,4 M. AF_05/2018	UN	67,61	1,00	67,61	

Banheiro	10422	BACIA SANITARIA (VASO) COM CAIXA ACOPLADA, DE LOUCA BRANCA	UN	126,31	1,00	126,31
	377	ASSENTO SANITARIO DE PLASTICO, TIPO CONVENCIONAL	UN	25,90	1,00	25,90
	36794	LAVATORIO LOUCA BRANCA COM COLUNA *44 X 35,5* CM	UN	129,78	1,00	129,78
	98555	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	m ²	20,14	8,00	161,12
	98558	TRATAMENTO DE RALO OU PONTO EMERGENTE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA REFORÇADO COM VÉU DE POLIÉSTER (MAV). AF_06/2018	UN	5,57	2,00	11,14
	89170	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS, MEIA PAREDE, OU PAREDE INTEIRA, PLACAS GRÊS OU SEMI-GRÊS DE 20X20 CM, PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS UNIFAMILIAR (CASAS) E EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PADRÃO. AF_11/2014	m ²	52,81	8,00	422,48

Drenagem das leiras	95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m ²	12,75	78,53	1.001,31
	4722	PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	47,00	12,30	578,16
	4723	PEDRA BRITADA N. 4 (50 A 76 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	51,27	12,30	630,69
	74017/ 1	EXECUCAO DE DRENOS DE CHORUME EM TUBOS DRENANTES, PVC, DIAM=100 MM, ENVOLTOS EM BRITA E GEOTEXTIL	M	41,70	36,00	1.501,20
	91790	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	46,37	14,55	674,69
	98422	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, INCLUINDO TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO DE 60 CM. AF_04/2018	UN	1.613,72	1,00	1.613,72
	3 orç	Bomba submersível 1CV 220V para água suja	UN	596,22	1,00	596,22
	3 orç	Extensão 60 m	UN	132,53	1,00	132,53
	37460	MANGUEIRA CRISTAL TRANCADA, PVC COM REFORCO, PRESSAO DE TRABALHO (PT) 250 LBS/POL2, DE 1" X *3,4* MM	M	10,81	3,00	32,43

Lavação de	20209	PEÇA DE MADEIRA APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	16,58	20,00	331,60
	4512	SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA 2,5 X 5 CM (1 X 2 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,89	72,00	64,08
	84679	PINTURA IMUNIZANTE PARA MADEIRA, DUAS DEMAOS	m ²	19,42	16,80	326,26
	11059	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 5,5 X 50 MM (2 ")	UN	0,17	152,00	25,84

Cerca	98522	ALAMBRADO EM MOURÕES DE CONCRETO, COM TELA DE ARAME GALVANIZADO (INCLUSIVE MURETA EM CONCRETO). AF_05/2018	M	104,98	102,00	10.707,96
	98508	PLANTIO DE ARBUSTO OU CERCA VIVA. AF_05/2017	UN	28,35	30,00	850,50
	4948	PORTAO DE ABRIR EM GRADIL DE METALON REDONDO DE 3/4" VERTICAL, COM REQUADRO, ACABAMENTO NATURAL - COMPLETO	m ²	331,86	5,40	1.792,05

Total					2021	88.841,27
--------------	--	--	--	--	-------------	------------------

2023						
-------------	--	--	--	--	--	--

Materiais	3 orç	Bombonas	UN	50,00	44,00	2.200,00
	3 orç	Forcado Curvo de arame 4 dentes	UN	115,83	2,00	231,66
	3 orç	Facão - cabo de madeira 14"	UN	27,32	2,00	54,64
	3 orç	Pá quadrada com cabo	UN	41,80	2,00	83,60
	38400	VASSOURA 40 CM COM CABO	UN	13,25	4,00	53,00
	38401	RODO PARA CHAO 40 CM COM CABO	UN	9,47	2,00	18,94
	38403	ENXADA ESTREITA *25 X 23* CM COM CABO	UN	29,70	2,00	59,40
	3 orç	Termômetro digital espeto	UM	36,66	1,00	36,66
	37514	MINICARREGADEIRA SOBRE RODAS, POTENCIA LIQUIDA DE *47* HP, CAPACIDADE NOMINAL DE OPERACAO DE *646* KG	UN	172.500,00	1,00	172.500,00
37765	CAMINHAO TOCO, PESO BRUTO TOTAL 8250 KG, CARGA UTIL MAXIMA 5110 KG, DISTANCIA ENTRE EIXOS 4,30 M, POTENCIA 162 CV (INCLUI CABINE E CHASSI, NAO INCLUI CARROCERIA)	UN	200.397,16	1,00	200.397,16	

37729	CARROCERIA FIXA ABERTA DE MADEIRA PARA TRANSPORTE GERAL DE CARGA SECA DIMENSOES APROXIMADAS 2,5 X 6,00 X 0,50 M (INCLUI MONTAGEM, NAO INCLUI CAMINHAO)	UN	15.933,56	1,00	15.933,56
-------	--	----	-----------	------	-----------

Total				2023	391.568,62
--------------	--	--	--	-------------	-------------------

2025					
-------------	--	--	--	--	--

Materiais	3 orç	Bombonas	UN	50,00	120,00	6.000,00
	3 orç	Forcado Curvo de arame 4 dentes	UN	115,83	8,00	926,64
	3 orç	Facão - cabo de madeira 14"	UN	27,32	2,00	54,64
	3 orç	Pá quadrada com cabo	UN	41,80	2,00	83,60
	38400	VASSOURA 40 CM COM CABO	UN	13,25	4,00	53,00
	38401	RODO PARA CHAO 40 CM COM CABO	UN	9,47	2,00	18,94
	38403	ENXADA ESTREITA *25 X 23* CM COM CABO	UN	29,70	2,00	59,40
	3 orç	Termômetro digital espeto	UM	36,66	1,00	36,66

Estruturas civis	89288	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X39, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2014	m²	49,12	30,90	1.517,81
	100675	KIT DE PORTA-PRONTA DE MADEIRA EM ACABAMENTO MELAMÍNICO BRANCO, FOLHA LEVE OU MÉDIA, 90X210, EXCLUSIVE FECHADURA, FIXAÇÃO COM PREENCHIMENTO TOTAL DE ESPUMA EXPANSIVA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	578,96	1,00	578,96
	90830	FECHADURA DE EMBUTIR COM CILINDRO, EXTERNA, COMPLETA, ACABAMENTO PADRÃO MÉDIO, INCLUSO EXECUÇÃO DE FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	99,78	1,00	99,78
	93184	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	19,73	1,26	24,86
	94560	JANELA DE AÇO DE CORRER COM 2 FOLHAS PARA VIDRO, COM VIDROS, BATENTE, FERRAGENS E PINTURAS ANTICORROSIVA E DE ACABAMENTO. EXCLUSIVE ALIZAR E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	m²	535,18	1,80	963,33
	100659	ALIZAR DE 5X1,5CM PARA PORTA FIXADO COM PREGOS, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M	7,44	5,40	40,18

94588	CONTRAMARCO DE AÇO, FIXAÇÃO COM PARAFUSO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	M	35,90	5,40	193,86
93182	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	26,00	2,10	54,60
93194	CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	25,56	2,10	53,68
92564	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM MADEIRA NÃO APARELHADA, VÃO DE 12 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	UN	2.075,54	1,00	2.075,54
92543	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m ²	16,19	37,20	602,27
94207	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	m ²	36,17	37,20	1.345,53
94223	CUMEEIRA PARA TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E = 6 MM, INCLUSO ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E IÇAMENTO. AF_07/2019	M	44,04	3,10	136,53
100434	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	45,53	6,20	282,29
97084	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM COMPACTADOR DE SOLOS TIPO PLACA VIBRATÓRIA. AF_09/2017	m ²	0,51	62,50	31,88
95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m ²	12,75	62,50	796,88
97086	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2017	m ²	87,16	1,65	143,38
01. FUES. RADI. 007/01	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM USO DE TELA Q-92. AF_09/2017	m ²	9,38	62,50	586,25
97094	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 10 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2017	m ³	419,39	6,25	2.621,19
97097	ACABAMENTO POLIDO PARA PISO DE CONCRETO ARMADO DE ALTA RESISTÊNCIA. AF_09/2017	m ²	25,96	62,50	1.622,50

89284	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X39, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL QUE 6M², SEM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2014	m²	46,57	71,14	108,92
94304	ATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO ARGILLO-ARENOSO. AF_05/2016	m³	26,36	23,63	623,00

Instalações elétricas	93653	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016	UN	10,33	1,00	10,33
	91831	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 20 MM (1/2"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	5,66	11,00	62,26
	91924	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 1,5 MM², ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	M	1,89	33,00	62,37
	93142	PONTO DE TOMADA RESIDENCIAL INCLUINDO TOMADA (2 MÓDULOS) 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_01/2016	UN	152,74	1,00	152,74
	93145	PONTO DE ILUMINAÇÃO E TOMADA, RESIDENCIAL, INCLUINDO INTERRUPTOR SIMPLES E TOMADA 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO (EXCLUINDO LUMINÁRIA E LÂMPADA). AF_01/2016	UN	164,46	4,00	657,84
	100904	LUMINÁRIA TIPO CALHA, DE SOBREPOR, COM 1 LÂMPADA TUBULAR FLUORESCENTE DE 20 W, COM REATOR DE PARTIDA CONVENCIONAL - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	44,34	3,00	133,02
	100619	POSTE DECORATIVO PARA JARDIM EM AÇO TUBULAR, H = *2,5* M, SEM LUMINÁRIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	UN	376,63	1,00	376,63
	97600	REFLETOR EM ALUMÍNIO, DE SUPORTE E ALÇA, COM 1 LÂMPADA VAPOR DE MERCÚRIO DE 125 W, COM REATOR ALTO FATOR DE POTÊNCIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	225,31	1,00	225,31
	97595	SENSOR DE PRESENÇA COM FOTOCÉLULA, FIXAÇÃO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	UN	54,30	1,00	54,30

Drenagem	95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m²	12,75	78,53	1.001,31
	4722	PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	47,00	12,30	578,16
	4723	PEDRA BRITADA N. 4 (50 A 76 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	51,27	12,30	630,69

	74017/1	EXECUCAO DE DRENOS DE CHORUME EM TUBOS DRENANTES, PVC, DIAM=100 MM, ENVOLTOS EM BRITA E GEOTEXTIL	M	41,70	36,00	1.501,20
	91790	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	46,37	14,55	674,69
	98422	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, INCLUINDO TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO DE 60 CM. AF_04/2018	UN	1.613,72	1,00	1.613,72

Lavação de	20209	PECA DE MADEIRA APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	16,58	10,00	165,80
	4512	SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA 2,5 X 5 CM (1 X 2 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,89	72,00	64,08
	84679	PINTURA IMUNIZANTE PARA MADEIRA, DUAS DEMAOS	m ²	19,42	13,80	268,00
	11059	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 5,5 X 50 MM (2 ")	UN	0,17	152,00	25,84

Cerca	98522	ALAMBRADO EM MOURÕES DE CONCRETO, COM TELA DE ARAME GALVANIZADO (INCLUSIVE MURETA EM CONCRETO). AF_05/2018	M	104,98	63,80	6.697,73
-------	-------	--	---	--------	-------	----------

Total					2025	36.692,12
--------------	--	--	--	--	-------------	------------------

2029						
-------------	--	--	--	--	--	--

Materiais		Bombonas	UN	50,00	105,00	5.250,00
	3 orç	Facão - cabo de madeira 14"	UN	27,32	2,00	54,64
	3 orç	Pá quadrada com cabo	UN	41,80	2,00	83,60
	38400	VASSOURA 40 CM COM CABO	UN	13,25	4,00	53,00
	38401	RODO PARA CHAO 40 CM COM CABO	UN	9,47	2,00	18,94
	38403	ENXADA ESTREITA *25 X 23* CM COM CABO	UN	29,70	2,00	59,40
	3 orç	Termômetro digital espeto	UM	36,66	1,00	36,66

3 orç	Forcado Curvo de arame 4 dentes	UN	115,83	8,00	926,64
-------	---------------------------------	----	--------	------	--------

Drenagem fertilizante líquido	95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m ²	12,75	157,07	2.002,62
	4722	PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	47,00	24,60	1.156,32
	4723	PEDRA BRITADA N. 4 (50 A 76 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	51,27	24,60	1.261,37
	74017/ 1	EXECUCAO DE DRENOS DE CHORUME EM TUBOS DRENANTES, PVC, DIAM=100 MM, ENVOLTOS EM BRITA E GEOTEXTIL	M	41,70	72,00	3.002,40
	91790	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	46,37	13,60	630,64
	98422	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,0 M, PROFUNDIDADE DE 2,00 A 2,50 M, INCLUINDO TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO DE 60 CM. AF_04/2018	UN	1.613,72	2,00	3.227,44

Total				2029	17.763,67
--------------	--	--	--	-------------	------------------

Total FINAL - Valor presente					534.865,68
-------------------------------------	--	--	--	--	-------------------

Apêndice G

Tabela G 1 - Custos relacionados aos trabalhadores

Ano	Operário	Salário base (R\$)	Direitos sociais (R\$)	Salário total (R\$)	Coletor	Salário base (R\$)	Direitos sociais (R\$)	Salário total (R\$)	Motorista	Salário base (R\$)	Direitos sociais (R\$)	Tempo trabalhado (h)	Salário total (R\$)	Vale-transporte	Vale-refeição (R\$ 15,35/dia)	Uniformes e EPIs (R\$)	Total - Valor presente (R\$)
2021	1	1.156,00	1.003,20	2.159,20								1,5	174,92		337,70	385,79	3.057,61
2022	1	1.156,00	1.003,20	2.159,20					Supondo que o			1,5	174,92		337,70	385,79	3.057,61
2023	1	1.213,80	1.053,36	2.267,16					motorista seja cedido e			11,0	1.282,73		337,70	419,74	4.307,33
2024	1	1.213,80	1.053,36	2.267,16					receba o salário da			11,0	1.282,73		337,70	419,74	4.307,33
2025	1	1.271,61	1.103,53	2.375,14					maior classe			20,2	1.570,39		675,40	452,61	5.073,54
2026	1	1.271,61	1.103,53	2.375,14					1	1.664,87	1.444,80	20,2	1.570,39		675,40	452,61	5.073,54
2027	1	1.329,41	1.153,68	2.483,09					1	1.748,10	1.517,03	20,2	1.648,90		675,40	452,61	5.260,00
2028	1	1.329,41	1.153,68	2.483,09					1	1.748,10	1.517,03	20,2	1.648,90		675,40	452,61	5.260,00
2029	1	1.387,20	1.203,84	2.591,04	1	1.156,00	1.003,20	2.159,20	1	1.831,34	1.589,27	25,8	2.206,30	Negligenciado	1.013,10	472,62	8.442,26
2030	1	1.387,20	1.203,84	2.591,04	1	1.156,00	1.003,20	2.159,20	1	1.831,34	1.589,27	25,8	2.206,30		1.013,10	472,62	8.442,26
2031	1	1.445,01	1.254,00	2.699,01	1	1.213,80	1.053,36	2.267,16	1	1.914,58	1.661,51	25,8	2.306,59		1.013,10	472,62	8.758,48
2032	1	1.445,01	1.254,00	2.699,01	1	1.213,80	1.053,36	2.267,16	1	1.914,58	1.661,51	25,8	2.306,59		1.013,10	472,62	8.758,48
2033	1	1.502,81	1.304,16	2.806,97	1	1.271,61	1.103,53	2.375,14	1	1.997,84	1.733,76	25,8	2.406,89		1.013,10	472,62	9.074,72
2034	1	1.502,81	1.304,16	2.806,97	1	1.271,61	1.103,53	2.375,14	1	1.997,84	1.733,76	25,8	2.406,89		1.013,10	472,62	9.074,72
2035	1	1.560,61	1.354,32	2.914,93	1	1.329,41	1.153,68	2.483,09	1	2.081,09	1.806,00	25,8	2.507,18		1.013,10	472,62	9.390,92
2036	1	1.560,61	1.354,32	2.914,93	1	1.329,41	1.153,68	2.483,09	1	2.081,09	1.806,00	25,8	2.507,18		1.013,10	472,62	9.390,92
2037	1	1.618,41	1.404,48	3.022,89	1	1.387,20	1.203,84	2.591,04	1	2.164,32	1.878,23	25,8	2.607,45		1.013,10	472,62	9.707,10
2038	1	1.618,41	1.404,48	3.022,89	1	1.387,20	1.203,84	2.591,04	1	2.164,32	1.878,23	25,8	2.607,45		1.013,10	472,62	9.707,10
2039	1	1.681,55	1.459,27	3.140,82	1	1.445,01	1.254,00	2.699,01	1	2.247,56	1.950,47	25,8	2.707,73		1.013,10	472,62	10.033,28
2040	1	1.681,55	1.459,27	3.140,82	1	1.445,01	1.254,00	2.699,01	1	2.247,56	1.950,47	25,8	2.707,73		1.013,10	472,62	10.033,28

Fonte: próprio do autor.

Tabela G 2 - Encargos sociais

Salário com insalubridade (legislação Municipal): 20%		
Composição dos Encargos Sociais		
Cód.	Descrição	Valor
A1	RPPM	36,58%
A	SOMA GRUPO A	36,58%
B1	Férias gozadas	2,78%
B2	13º salário	8,33%
B3	Licença Paternidade	0,06%
B4	Faltas justificadas	0,82%
B5	Auxílio acidente de trabalho	0,31%
B6	Auxílio doença	1,66%
B	SOMA GRUPO B	13,96%
D1	Reincidência de Grupo A sobre Grupo B	5,11%
D	SOMA GRUPO D	5,11%
	SOMA (A+B+C)	55,65%

RPPM = Regime de Previdência Própria do Município

Fonte: próprio do autor, baseado em Rio Grande do Sul (2019b) e Feliz (2005).

Tabela G 3 – EPIs baseados na licitação de 2020

Uniformes e EPIs para operário					
Discriminação	Unidade	Durabilidade (meses)	Custo unitário (R\$)	Subtotal (R\$)	
Calça	unidade	6,00	37,00	6,17	
Camiseta	unidade	6,00	10,00	1,67	
Boné	unidade	12,00	10,00	0,84	
Botina de segurança c/ palmilha aço	par	3,00	55,00	18,34	
Meia de algodão com cano alto	par	6,00	15,00	2,50	
Capa de chuva amarela com reflexivo	unidade	12,00	50,00	4,17	
Luva de proteção	par	0,10	3,85	38,50	
	frasco				
Protetor solar FPS 30	120g	2,00	27,00	13,50	
Higienização de uniformes e EPIs	R\$ mensal	1,00	100,00	100,00	
Total do Efetivo por operário - 40h				185,69	
Uniformes e EPIs para Coletor					
Discriminação	Unidade	Durabilidade (meses)	Custo unitário (R\$)	Subtotal (R\$)	
Jaqueta com reflexivo (NBR 15.292)	unidade	12,00	99,00	8,25	
Calça	unidade	6,00	37,00	6,17	
Camiseta	unidade	6,00	10,00	1,67	
Boné	unidade	12,00	10,00	0,84	
Botina de segurança c/ palmilha aço	par	3,00	55,00	18,34	
Meia de algodão com cano alto	par	6,00	15,00	2,50	
Capa de chuva amarela com reflexivo	unidade	12,00	50,00	4,17	
Colete reflexivo	unidade	12,00	9,50	0,80	
Luva de proteção	par	0,10	3,85	38,50	
	frasco				
Protetor solar FPS 30	120g	2,00	27,00	13,50	
Higienização de uniformes e EPIs	R\$ mensal	1,00	100,00	100,00	
Total do Efetivo por coletor - 40h				194,74	

Uniformes e EPIs para Motorista					
Discriminação	Unidade	Durabilidade (meses)		Custo unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
Jaqueta com reflexivo (NBR 15.292)	unidade		12,00	99,00	8,25
Calça	unidade		6,00	37,00	6,17
Camiseta	unidade		6,00	10,00	1,67
Botina de segurança c/ palmilha aço	par		6,00	55,00	9,17
Capa de chuva amarela com reflexivo	unidade		12,00	50,00	4,17
	frasco				
Protetor solar FPS 30	120g		2,00	27,00	13,50
Higienização de uniformes e EPIs	R\$ mensal		1,00	100,00	100,00
Total do Efetivo por motorista - 40h					142,93

Fonte: baseado em Rio Grande do Sul (2020)

Apêndice H

Tabela H 1 – Custos com transporte

Ano	Deprec.	Valor veículo (R\$)	IPVA (R\$)	Impostos			Distância Mensal (km)	Consumo (R\$)	Manut. (R\$)	Pneus (R\$)	Total (R\$)
	(TCE- RS) -			Licenc.	Seguro	Mensal					
2021						0,00	66,43	121,06	49,16	8,99	179,21
2022						0,00	66,43	121,06	49,16	8,99	179,21
2023		200.397,16	2.003,98	104,19	1.276,17	282,03	862,39	392,06	159,21	29,09	862,39
2024	33,63%	133.003,60	1.330,04	104,19	1.276,17	225,87	806,23	392,06	159,21	29,09	806,23
2025	43,13%	113.965,86	1.139,66	104,19	1.276,17	210,01	1.139,43	627,87	254,96	46,59	1.139,43
2026	48,68%	102.843,82	1.028,44	104,19	1.276,17	200,74	1.130,16	627,87	254,96	46,59	1.130,16
2027	52,62%	94.948,17	949,49	104,19	1.276,17	194,16	1.123,58	627,87	254,96	46,59	1.123,58
2028	55,68%	88.816,02	888,17	104,19	1.276,17	189,05	1.118,47	627,87	254,96	46,59	1.118,47
2029	58,18%	83.806,09	838,07	104,19	1.276,17	184,87	1.974,42	1.208,93	490,92	89,70	1.974,42
2030	60,29%	79.577,71	795,78	104,19	1.276,17	181,35	1.970,90	1.208,93	490,92	89,70	1.970,90
2031	62,12%	75.910,44	759,11	104,19	1.276,17	178,29	1.967,84	1.208,93	490,92	89,70	1.967,84
2032	63,73%	72.684,05	726,85	104,19	1.276,17	175,61	1.965,16	1.208,93	490,92	89,70	1.965,16
2033	65,18%	69.778,29	697,79	104,19	1.276,17	173,18	1.962,73	1.208,93	490,92	89,70	1.962,73
2034	66,48%	67.173,13	671,74	104,19	1.276,17	171,01	1.960,56	1.208,93	490,92	89,70	1.960,56
2035	67,67%	64.788,40	647,89	104,19	1.276,17	169,03	1.958,58	1.208,93	490,92	89,70	1.958,58
2036	68,77%	62.584,03	625,85	104,19	1.276,17	167,19	1.956,74	1.208,93	490,92	89,70	1.956,74
2037	69,79%	60.539,98	605,40	104,19	1.276,17	165,48	1.955,03	1.208,93	490,92	89,70	1.955,03
2038	70,73%	58.656,25	586,57	104,19	1.276,17	163,92	1.953,47	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47
2039	70,73%	58.656,25	586,57	104,19	1.276,17	163,92	1.953,47	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47
2040	70,73%	58.656,25	586,57	104,19	1.276,17	163,92	1.953,47	1.208,93	490,92	89,70	1.953,47

Fonte: Fonte: próprio do autor, baseado em Rio Grande do Sul (2020).

Tabela H 2 – Consumo do caminhão

Custo Caminhão		200.397,16	
IPVA	Licenc.	Seguro	
1%	104,19	1.276,17	
Consumo			
Discriminação	Unidade	Consumo	Custo unitário
Custo de óleo diesel / km rodado	km/l	2	3,57
Custo mensal com óleo diesel	por km		1,785
Custo de óleo do motor /1.000 km rodados	l/1.000 km	2,1	12,04
Custo mensal com óleo do motor	por km		0,025284
Custo de óleo da transmissão /1.000 km	l/1.000 km	0,05	13,43
Custo mensal com óleo da transmissão	por km		0,0006715
Custo de óleo hidráulico / 1.000 km	l/1.000 km	0,05	10,33
Custo mensal com óleo hidráulico	por km		0,0005165
Custo de graxa /1.000 km rodados	kg/1.000 km	0,5	21,69
Custo mensal com graxa	por km		0,010845
Custo com consumos/km rodado	R\$/km rodado		1,82

Fonte: Rio Grande do Sul (2020).

Tabela H 3 – Manutenção dos pneus

Pneus				
Discriminação	Unidade	Quantidade	Custo unitário	Subtotal
Custo do jogo de pneus 215/75R17.5"	unidade	6,00	617,40	3704,40
Número de recapagens por pneu	unidade	2,00		
Custo de recapagem	unidade	12,00*	480,00	5.760,00
Custo jg. compl. + X recap./ km rodado	km/jogo	70.000,00	9.464,40	0,14
Custo mensal com pneus	R\$/km rodado			0,14

* 6 pneus x 2 recapagens = 12

Fonte: Rio Grande do Sul (2020).

Apêndice I

Tabela I 1 - Custos com energia

Ano	Lavagem de bombas tempo (h)	Consumo lavagem bomb. (kWh)	Peneiramento composto quantidade (ton)	Peneiramento composto tempo (h)	Consumo peneiram. (kWh)	Tempo triturar galhos mensal (h)	Consumo trituração (kWh)	Bombeamento de fertilizante líquido quantidade mensal (l)	Peneiramento composto tempo mensal (h)	Consumo Bombeam. (kWh)	Noite			Dia				Consumo total (kWh)	Tarifa (R\$)	
											Tempo mensal (h)	Lâmpadas (W)	Consumo noturno por lâmpadas (kWh)	Tomadas (-)	Consumo máximo tomadas (kWh)	Lâmpadas (W)	Tempo mensal (h)			Consumo diurno por lâmpadas (kWh)
2021	1,0	1,2	0,4	0,1	0,2	1,1	8,2	279,0	0,0	0,0	372,0	165,0	61,4	3,0	5,3	80,0	44,3	3,5	79,9	62,31
2022	2,8	3,6	1,2	0,4	0,6	3,3	24,4	744,0	0,1	0,0	372,0	165,0	61,4	3,0	5,3	80,0	44,3	3,5	98,9	77,19
2023	4,4	5,8	3,1	1,0	1,5	5,5	40,7	1116,0	0,1	0,1	372,0	165,0	61,4	3,0	5,3	80,0	44,3	3,5	118,3	92,30
2024	4,4	5,8	3,7	1,2	1,8	5,5	40,7	1116,0	0,1	0,1	372,0	165,0	61,4	3,0	5,3	80,0	44,3	3,5	118,6	92,56
2025	8,9	11,5	5,6	1,9	2,8	11,1	81,4	2232,0	0,2	0,1	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	215,2	167,91
2026	8,9	11,5	7,5	2,5	3,7	11,1	81,4	2232,0	0,2	0,1	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	216,2	168,64
2027	8,9	11,5	7,6	2,5	3,7	11,1	81,4	2232,0	0,2	0,1	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	216,2	168,65
2028	8,9	11,5	7,6	2,5	3,7	11,1	81,4	2232,0	0,2	0,1	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	216,2	168,66
2029	17,0	22,1	11,0	3,7	5,4	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	310,0	241,82
2030	17,0	22,1	14,4	4,8	7,1	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,6	243,13
2031	17,0	22,1	14,5	4,8	7,1	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,7	243,15
2032	17,0	22,1	14,6	4,9	7,1	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,7	243,18
2033	17,0	22,1	14,6	4,9	7,2	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,7	243,20
2034	17,0	22,1	14,7	4,9	7,2	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,7	243,22
2035	17,0	22,1	14,7	4,9	7,2	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,8	243,23
2036	17,0	22,1	14,8	4,9	7,2	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,8	243,25
2037	17,0	22,1	14,8	4,9	7,3	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,8	243,27
2038	17,0	22,1	14,8	4,9	7,3	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,8	243,28
2039	17,0	22,1	14,9	5,0	7,3	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,9	243,30
2040	17,0	22,1	14,9	5,0	7,3	22,1	162,8	4464,0	0,3	0,3	372,0	290,0	107,9	3,0	5,3	140,0	44,3	6,2	311,9	243,32

Fonte: Própria do autor.

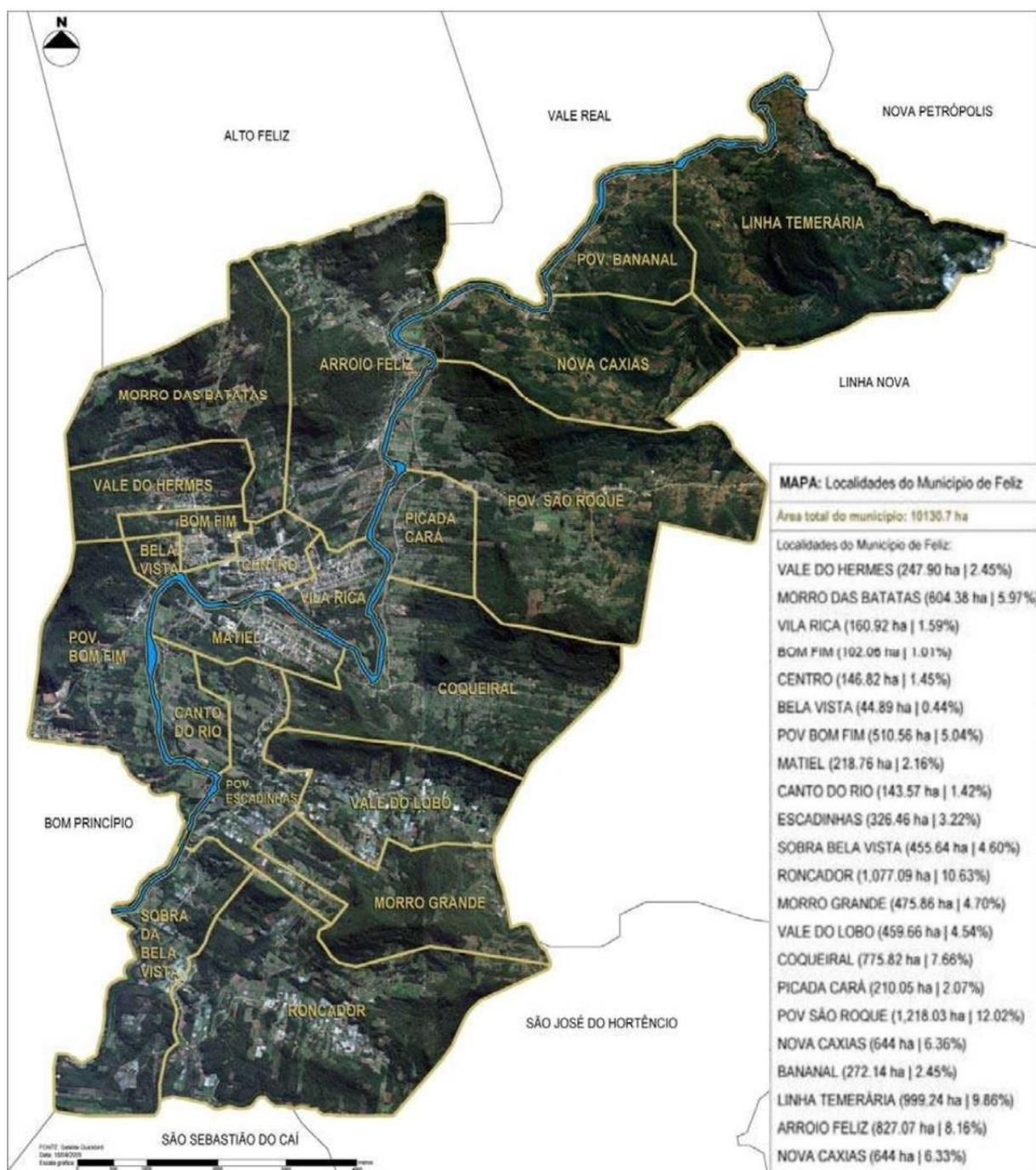
Apêndice J

Tabela J 1 - Orçamento consolidado

Ano	Gastos fixos									Economia + Venda composto - Gastos fixos - Bens		Economia + Venda composto - Gastos fixos	
	Economia (R\$)	Composto (R\$)	Bens móveis e imóveis (R\$)	Salários e EPIs (R\$)	Transp. (R\$)	Água (R\$)	Energia (R\$)	Manut. anual (R\$)	Total (R\$)	Anual (R\$)	Acum. (R\$)	Anual (R\$)	Acum. (R\$)
2021	8.279,22		88.841,27	3.057,61	179,21	222,39	62,31	10.273,68	52.531,92	-133.093,97	-133.093,97	-44.252,70	-44.252,70
2022	27.597,39		0,00	3.057,61	179,21	222,39	77,19	10.273,68	52.710,47	-25.113,08	-158.207,05	-25.113,08	-69.365,78
2023	50.928,86	5.533,59	391.568,62	4.307,33	862,39	222,39	92,30	10.273,68	76.086,59	-411.192,76	-569.399,81	-19.624,14	-88.989,92
2024	51.209,51	6.724,81	0,00	4.307,33	806,23	222,39	92,56	10.273,68	75.415,71	-17.481,39	-586.881,20	-17.481,39	-106.471,31
2025	102.849,35	10.143,26	36.692,12	5.073,54	1.139,43	222,39	167,91	10.273,68	89.512,89	-13.212,40	-600.093,60	23.479,72	-82.991,59
2026	103.354,52	13.576,50	0,00	5.073,54	1.130,16	222,39	168,64	10.273,68	89.410,40	27.520,62	-572.572,99	27.520,62	-55.470,98
2027	103.822,27	13.640,56	0,00	5.260,00	1.123,58	222,39	168,65	10.273,68	91.569,13	25.893,70	-546.679,28	25.893,70	-29.577,27
2028	104.308,73	13.703,38	0,00	5.260,00	1.118,47	222,39	168,66	10.273,68	91.507,97	26.504,14	-520.175,14	26.504,14	-3.073,13
2029	197.035,92	19.840,58	17.763,67	8.442,26	1.974,42	222,39	241,82	10.273,68	140.844,40	58.268,43	-461.906,71	76.032,10	72.958,97
2030	197.821,74	25.997,49	0,00	8.442,26	1.970,90	222,39	243,13	10.273,68	140.817,86	83.001,37	-378.905,35	83.001,37	155.960,33
2031	198.626,27	26.102,20	0,00	8.758,48	1.967,84	222,39	243,15	10.273,68	144.576,05	80.152,42	-298.752,93	80.152,42	236.112,75
2032	199.393,39	26.205,68	0,00	8.758,48	1.965,16	222,39	243,18	10.273,68	144.544,15	81.054,92	-217.698,01	81.054,92	317.167,67
2033	200.104,37	26.303,00	0,00	9.074,72	1.962,73	222,39	243,20	10.273,68	148.310,12	78.097,25	-139.600,76	78.097,25	395.264,92
2034	200.777,93	26.394,16	0,00	9.074,72	1.960,56	222,39	243,22	10.273,68	148.284,31	78.887,78	-60.712,99	78.887,78	474.152,69
2035	201.414,08	26.480,39	0,00	9.390,92	1.958,58	222,39	243,23	10.273,68	152.055,17	75.839,30	15.126,31	75.839,30	549.991,99
2036	202.031,51	26.562,93	0,00	9.390,92	1.956,74	222,39	243,25	10.273,68	152.033,31	76.561,13	91.687,44	76.561,13	626.553,12
2037	202.592,81	26.640,53	0,00	9.707,10	1.955,03	222,39	243,27	10.273,68	155.807,14	73.426,20	165.113,64	73.426,20	699.979,32
2038	203.154,12	26.714,45	0,00	9.707,10	1.953,47	222,39	243,28	10.273,68	155.788,61	74.079,96	239.193,60	74.079,96	774.059,28
2039	203.640,58	26.783,43	0,00	10.033,28	1.953,47	222,39	243,30	10.273,68	159.702,89	70.721,12	309.914,71	70.721,12	844.780,39
2040	204.388,98	26.864,73	0,00	10.033,28	1.953,47	222,39	243,32	10.273,68	159.703,10	71.550,61	381.465,32	71.550,61	916.331,00
		13.457,01								13.457,01	394.922,33	13.457,01	929.788,01

Fonte: próprio do autor

Anexo A
Mapa que mostra os bairros do município de Feliz e as
cidades vizinhas.



Fonte: Adaptado de Souza (2012).

Anexo B

Resíduos sólidos orgânicos

Curto-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos em 100% da zona urbana	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta domiciliar de resíduos sólidos orgânicos ao crescimento populacional e expansão urbana do município.
B	Criar mecanismos para reduzir significativamente o volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários	Realizar estudos de viabilidade econômica para implantação em médio prazo de unidades de compostagem no município
		Mobilizar as instituições de ensino do município a incluir os temas "tratamento e produção de compostos orgânicos" em sua grade curricular.
		Mobilizar as instituições de ensino do município a incluir os temas "educação ambiental e nutricional" em sua grade curricular para aproveitamento integral dos alimentos e combate ao desperdício
		Incentivar a compostagem domiciliar

Médio-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos em 100% da zona urbana	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta domiciliar de resíduos sólidos orgânicos ao crescimento populacional e a expansão urbana do município
B	Redução de 10% no volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários	Implantação de unidades de compostagem no município
C	Modernizar parte do sistema de coleta e transporte dos resíduos sólidos orgânicos	Implantar a coleta conteneurizada dos resíduos sólidos orgânicos inicialmente nas zonas de maior concentração populacional do município e expandir conforme a velocidade de aceitação do modelo.

Longo-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta regular domiciliar de resíduos sólidos orgânicos em 100% da zona urbana	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta domiciliar de resíduos sólidos orgânicos ao crescimento populacional e expansão urbana do município
B	Redução de 35% no volume de resíduos sólidos orgânicos enviados para disposição em aterros sanitários	Ampliação das unidades de compostagem do município
		Incentivar a implantação de unidades de processamento e de tratamento para redução da massa/volume e produção de biogás e compostos orgânicos, por meio do aproveitamento energético da parcela orgânica dos resíduos, por agentes privados.

C	Modernizar o sistema de coleta e transporte dos resíduos sólidos orgânicos de toda zona urbana do município	Implantar a coleta conteneurizada dos resíduos sólidos orgânicos em toda a zona urbana do município.
---	---	--

Resíduos recicláveis

Curto-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta seletiva em 100% do município	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta seletiva ao crescimento populacional e a expansão urbana do município.
B	Inclusão social dos catadores do município.	Criação de projetos em parceria com a Secretaria de Assistência Social a fim de orientar e cadastrar os catadores. A curto prazo é inviável formação de cooperativas por falta de estrutura, local, etc.
C	Criar mecanismos para reduzir o volume de resíduos recicláveis gerado no município	Mobilizar as instituições de ensino do município a incluir os temas "consumo consciente e redução do volume de resíduos gerado" em sua grade curricular.
		Estabelecer e implantar programa semelhante à A3P do Governo Federal (Agenda Ambiental na Administração Pública) iniciando-se com normas específicas para RSD Secos em todos os órgãos públicos.

Médio-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta seletiva em 100% do município	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta seletiva ao crescimento populacional e a expansão urbana do município.
B	Dar continuidade ao processo de inclusão dos catadores	Criação de cooperativas.
C	Redução de 5% do volume de resíduos sólidos reciclados gerados no município	Valorizar, otimizar, fortalecer e ampliar as políticas de conscientização existentes, como os projetos de educação ambiental e a agenda ambiental na administração pública.
D	Modernizar parte do sistema de coleta seletiva e transporte dos resíduos sólidos recicláveis	Implantar a coleta seletiva conteneurizada, inicialmente nas zonas de maior concentração populacional do município, e expandir, conforme a velocidade de aceitação do modelo.

Longo-prazo

	Meta	Ação
A	Manutenção da coleta seletiva em 100% do município	Constante adequação da prestação dos serviços de coleta seletiva ao crescimento populacional e à expansão urbana do município.
B	Dar continuidade ao processo de inclusão dos catadores	Manutenção e acompanhamento das cooperativas (estruturação, independência).

C	Redução de 25% do volume de resíduos sólidos reciclados gerados no município	Estimular o parque industrial instalado no município para processamento de materiais recicláveis.
D	Modernizar o sistema de coleta seletiva e transporte dos resíduos sólidos recicláveis de toda zona urbana do município	Implantar a coleta seletiva conteneurizada em toda a zona urbana do município.

Planejamento

Curto-prazo

	Meta	Ação
A	Redução da quantidade de resíduos dispostos irregularmente nas vias públicas do município	Instituir a cobrança de multas sobre as infrações ambientais detectadas pelo poder público municipal, ao invés de somente notificações, como ocorre atualmente. O dinheiro arrecadado a partir das multas deve ser revertido à Secretaria de Meio Ambiente do município.
		Desenvolvimento de uma política de Educação Ambiental mais atuante no município
B	Recuperação da área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio.	Realização de estudos quanto a necessidade, ou não, de alguma intervenção na área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio, para a recuperação ambiental da área.

Médio-prazo

	Meta	Ação
A	Redução da quantidade de resíduos dispostos irregularmente nas vias públicas do município	Implantação de uma política de Educação Ambiental mais atuante no município
B	Recuperação da área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio.	Realização de intervenções na área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio para recuperação ambiental da área (caso estudos realizados na etapa anterior apontem a necessidade dessas).

Longo-prazo

	Meta	Ação
A	Redução da quantidade de resíduos dispostos irregularmente nas vias públicas do município	Revisão da política de Educação Ambiental implantada no município, com verificação da eficiência das medidas implantadas até então, por meio da análise dos resultados obtidos até então.
B	Recuperação da área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio.	Conclusão do processo de recuperação ambiental da área do antigo aterro do município, localizado no bairro Canto do Rio.

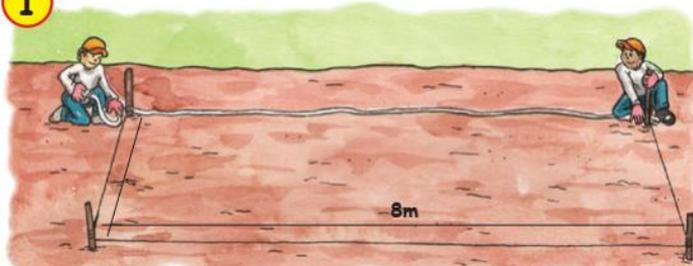
		Destinação da área antes ocupada pelo aterro para outra atividade do município, ou então manutenção de uma fiscalização constante sobre a área, de maneira que essa não volte a se tornar um local de disposição irregular de resíduos.
C	Manutenção da destinação correta dos resíduos sólidos coletados no município após o término do horizonte de projeto do PMSB.	Estudos de viabilidade técnica-financeira de construção de um novo aterro, ou a realização de um contrato com outro aterro licenciado para enviar os resíduos, uma vez que ao final do PMSB só restarão 3 anos de vida útil do aterro de Minas do Leão.

Fonte: Feliz, 2012.

Anexo C

Como montar uma leira estática de areação passiva

1



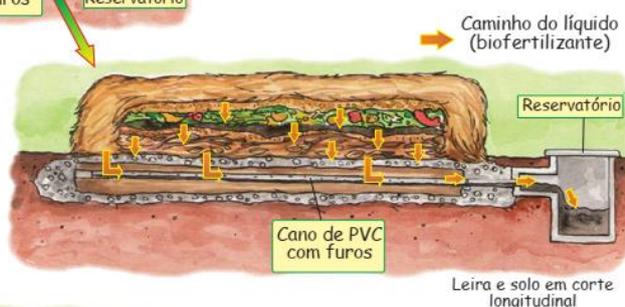
Definir o terreno, limpar a área e medir o tamanho da leira. No caso, esta leira terá 2m x 8m e capacidade para receber até 10 toneladas de resíduos orgânicos por mês, ou 1,5 toneladas a cada três dias.

2



Instalar o sistema de drenagem para coleta da umidade produzida pela leira (biofertilizante) e o excesso de água. É escavado um buraco no centro da área ocupada pela leira, com cerca de 0,7 m de largura e com o mesmo comprimento da leira.

No buraco, é colocada brita e depois um cano de pvc com pequenas perfurações, envolvido por uma manta permeável. O cano deve levar a um reservatório de concreto instalado abaixo da superfície. O buraco é então tapado com brita e terra.



3



Fazer o fundo da leira, colocando uma camada de materiais mais grosseiros (como restos podas, galhos e folhas de palmeira). Fazer a borda da leira com palha.

Leira e solo em corte longitudinal

4

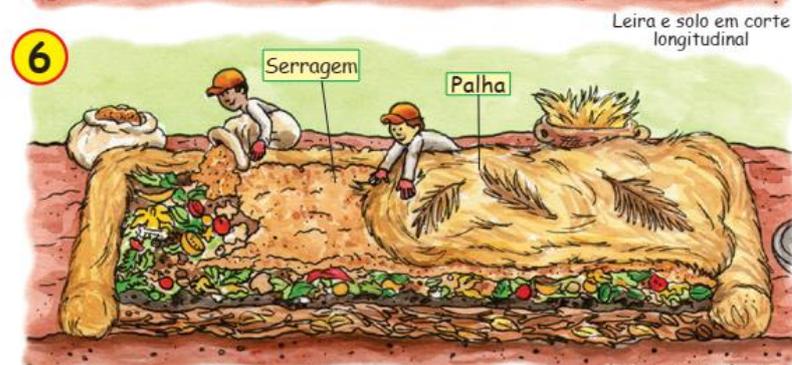


Colocar uma camada de serragem e folhas e depois cobri-la com uma camada de restos de comida e outros materiais verdes e úmidos,

Leira e solo em corte longitudinal



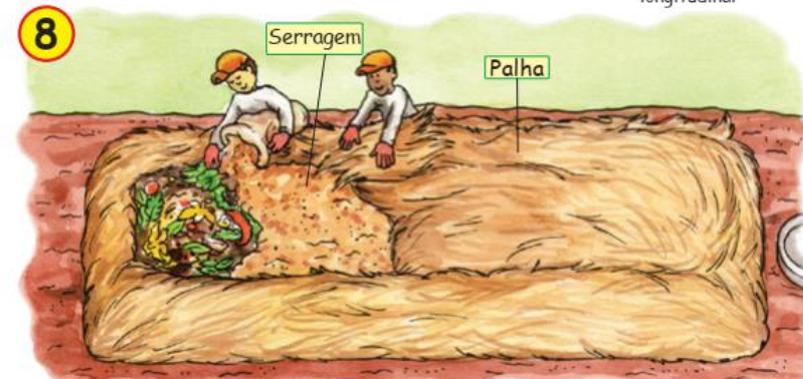
Colocar então uma camada de inoculante, tal qual composto orgânico ou terra. Cuidar para que todas as camadas fiquem bem espalhadas e misturadas na leira.



Cobrir o material com serragem e folhas e depois com uma camada de palha até fechar a leira completamente. Deixá-la descansar por cerca de 48 horas antes de usá-la novamente.



A cada nova utilização da leira, abrir a parte de palha da cobertura e transformá-la em parede. Colocar os restos de comida e outros materiais verdes e úmidos, cuidando para misturá-los com o material compostado mais antigo. Revirar a leira para melhorar a aeração.



Cobrir novamente a leira com uma camada de serragem e folhas e outra de palha, cuidando para que fique bem fechada.

A Silva et al. (2017), descreve o processo de operação das leiras:

Trata-se do momento de manejo das leiras de compostagem, quando estas são abertas e o resíduo orgânico é depositado para reciclagem. Geralmente esse processo pode levar de 20 à 60 minutos, conforme quantidade e sistema utilizado. É fundamental sempre ter as matérias primas (palha e serragem) disponíveis em quantidade suficiente no pátio de compostagem.

Conforme leira estipulada, ocorre a abertura do seu “telhado” de palha. Desta forma, todo o telhado vira parede lateral, estrutura importante para que os resíduos não caiam no chão. Depois de aberta, a leira passa por um revolvimento superficial, realizado com garfos de jardinagem pelos operadores do pátio. Esse revolvimento tem a função de aerar a massa de compostagem, onde se percebe pelos odores se ela está bem ou mal manejada, se tem excesso ou falta de serragem. Depois é disposto os resíduos orgânicos (sistema manual, semi ou mecanizado), sendo este bem distribuído por toda a leira de compostagem. Nesta etapa se aproveita também para recolher qualquer material reconhecido como rejeito, que possa ter passado pela segregação na fonte. Em sistemas manuais, é realizado novo revolvimento superficial, para que as bactérias ativas já possam interagir com o alimento novo, acelerando o processo de decomposição. Em pátios maiores, semi ou mecanizados, a massa de resíduos não permite esse procedimento, por ser muito denso, podendo ser colocado após cada alimentação uma fina camada de composto (refugo no processo de peneiramento). Feito esta etapa, cobre-se a leira de compostagem com uma caprichada camada de serragem e no final uma caprichada camada de palha.

Anexo D

[1] Monitoramento Ambiental

Consiste no acompanhamento de todas as atividades descritas e ajuste das práticas utilizadas, conforme o desempenho do pátio de compostagem. Análises dos produtos devem ser encaminhadas regularmente para laboratório e divulgadas à comunidade, para credibilidade das ações e segurança do composto orgânico produzido. Relatórios mensais auxiliam na transparência e credibilidade do pátio de compostagem.

[1.1] Monitoramento diário

Parâmetros observados:

- Odor;
- Ocorrências: chuva excessiva, equipamento com problema, etc.;
- Quantificar recirculação de lixiviado
- Relação C/N – estruturantes externo, interno/ resíduos orgânicos.

O conteúdo do lixiviado consiste dos sais solúveis não retidos nos sítios de troca de íons na matéria orgânica e argila dentro da leira de compostagem (Inácio e Miller 2009), portanto a recirculação representa a destinação mais prática para esta fração líquida do processo, e a análise do composto maduro incluirá a fração sólida do percolado. [Na seção [3]] é apresentada uma planilha de registro destes parâmetros.

Em relação ao monitoramento dos odores pode-se ainda adotar uma Rede de Percepção de Odor (POR), também conhecido como Júri Permanente, uma metodologia de avaliação de impacto

odorante realizada por um grupo de voluntários, moradores das comunidades vizinhas a uma fonte de odor, que registram observações de odor através de cartões-resposta (Vieira, 2013)

O controle diário visa mensurar a colocação de resíduos orgânicos úmidos, estruturante interno e estruturante interno. Assim será uma planilha diária por leira. Ao final será mensurado os volumes/massa de entrada e saída do sistema e a dinâmica das leiras com o uso do líquido recirculados, presença de odores, dinâmica de tamanho das leiras e temperatura.

[1.2] Monitoramento semanal

Semanalmente as temperaturas no volume da leira serão mapeadas para obter estimativas da taxa de degradação e volume aerado, segundo metodologia da EMBRAPA (Inácio, Procópio, Teixeira e Miller 2012). Quanto maior e mais uniforme for a distribuição de temperaturas acima de 55 °C, maior a taxa total de degradação aeróbia. Os perfis experimentais obtidos por Teixeira (2009) demonstram a relação de temperatura com os gases produzidos e consumidos por degradação aeróbia. Um grande volume de resíduos na fase termófila (Fig. 1, B e A) resulta em um “chaminé” de gases quentes que carrega para fora o vapor de água (H₂O_v) e dióxido de carbono (CO₂) (Fig. 2, A). Este perfil é o ideal para reduzir a quantidade de água na leira, evitando percolado, e para promover a entrada de oxigênio (Fig. 3, C e B), mantendo a degradação e as temperaturas aceleradas.

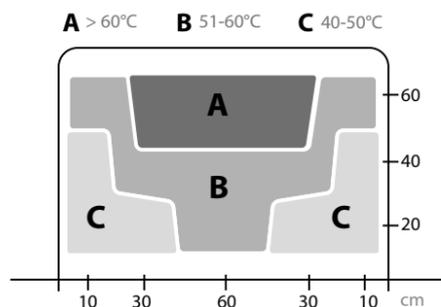


FIGURA 1 - Corte transversal esquemático, mostrando a distribuição das temperaturas no interior da leira, a partir das medições realizadas por Teixeira (2009)

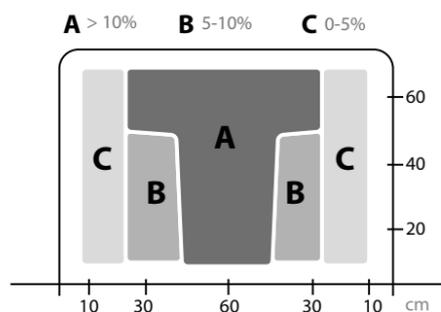


FIGURA 2 - Corte transversal esquemático, mostrando a distribuição das concentrações de gás carbônico no interior da leira (adaptado de Teixeira, 2009)

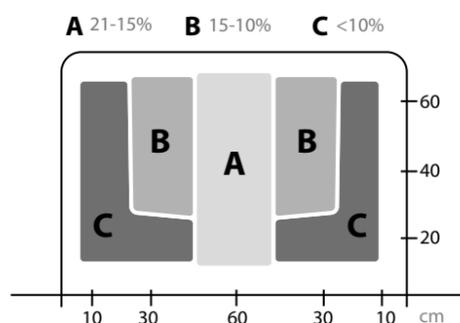


FIGURA 3 - Corte transversal esquemático, mostrando a distribuição das concentrações de oxigênio no interior da leira (adaptado de Teixeira, 2009)

As zonas verticais de concentrações de CO₂ e O₂ mostram que há um fluxo forte de gases entrando nas laterais das leiras e saindo pela parte superior (Fig.4). Duas condições são necessárias para montar leiras com estas características: palha para construir as paredes laterais verticais, permitindo a entrada de novos gases, e camadas internas de materiais grossos, porosos e resistentes à degradação, como o cepilho de galhos triturados, permitindo o fluxo interno destes gases

até a exaustão na parte superior da leira.

As planilhas de entrada e utilização destes resíduos, em conjunto com a medição das temperaturas no volume das leiras, oferecem uma maneira eficiente e segura de monitoramento do processo. O Pátio deve estabelecer sua frequência de coleta, em pelo menos duas vezes por semana.

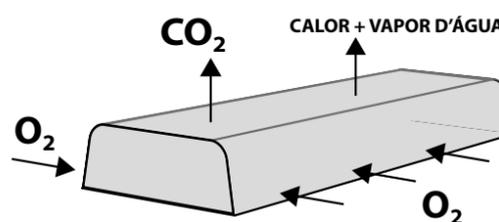


FIGURA 4 - Corte transversal esquemático, mostrando a dinâmica de gases e temperatura no interior da leira

A medição semanal da camada superior com os resíduos colocados nos dias anteriores resultará em um gráfico de elevação de temperatura que demonstra a eficiência de inoculação e a supressão de atratividade de moscas. [Na seção [3]], é apresentada uma planilha para o controle rotineiro destes parâmetros.

[1.3] Monitoramento mensal

Mensalmente devem ser observadas as seguintes variáveis, através de dados de estações meteorológicas oficiais:

- Índice Pluviométrico (mm);
- Umidade Relativa (%);
- Temperatura Ambiente (°C);

[A seção [3]] apresenta uma planilha para observação e controle destes dados. Caso ocorra lançamento de efluentes em corpos d'água deverá ser

adotado monitoramento relativo a este aspecto ambiental. Nas situações em que houver manancial de captação de água subterrânea a critério do órgão ambiental, deverá ser realizado o monitoramento ambiental de água subterrânea.

[1.4] Monitoramento do composto pronto

Aproximadamente um mês depois do “tombo” das leiras, já no composto pronto (após a cura), serão retiradas 3 amostras de diferentes partes do monte. Cada amostra será composta de 5 sub-amostras de aproximadamente 1 kg, misturados em um balde para retirar 500 g para a amostra que será encaminhada para análise. Os parâmetros analisados são discutidos em Teixeira (2012) e provenientes da IN 27/2006 MAPA, que estabelece os limites de contaminantes inorgânicos e agentes patogênicos em produtos.

Considera-se um composto apto para uso agrícola e produção orgânica quando alcança os índices satisfatórios de micro e macro nutrientes, metal pesado e pH, resultado do processo de coleta seletiva com valorização da

fração orgânica e a separação na fonte, bem como a utilização de materiais secos não contaminados. No anexo IV é apresentada uma planilha para registro dos parâmetros e comparação com os limites exigidos pela legislação vigente.

Segundo Conama “Os lotes de composto que não atenderem aos requisitos de qualidade ambiental estabelecidos no Anexo II poderão ser reprocessados para que se adequem aos requisitos mínimos exigidos. Parágrafo único. Quando não for possível o reprocessamento, os lotes deverão ser encaminhados para destinação ambientalmente adequada.”

[2] Qualificação Profissional

A prática da compostagem, independente do método utilizado, deve apresentar no seu corpo técnico pessoas qualificadas para seu manejo. Para esta qualificação os responsáveis devem ter participado de oficinas ou cursos de compostagem. Quando se trata de um pátio de compostagem de maior escala, este deve ter um responsável técnico.

[3] PCA - PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL PARA LAO

O Plano de Controle Ambiental tem como objetivo coletar dados e informações relevantes no ponto de vista técnico, relacionado ao potencial de impacto ambiental da atividade de compostagem, bem como avaliar o desempenho desta atividade identificando elementos importantes na qualificação do manejo, operação e qualidade do composto produzido.

O PCA - Plano de Controle Ambiental do Pátio de Compostagem deverá conter os seguintes conteúdos mínimos:

1 - Controle Diário

São dados coletados pelos operadores do pátio de compostagem e a mensalmente estes dados deverão ser sistematizados para realização de avaliação dos mesmos.

O controle diário visa mensurar a colocação de resíduos orgânicos úmidos, estruturante interno e estruturante interno. Assim será uma planilha diária por leira. Ao final será mensurado os volumes/massa de entrada e saída do sistema e a dinâmica das leiras com o uso do líquido recirculados, presença de odores, dinâmica de tamanho das leiras e temperatura.

CONTROLE DIÁRIO

Responsável: _____		Semana: dia ____ à ____
IDENTIFICAÇÃO DA LEIRA:		
QUANTIDADES		
Variáveis de manejo	Estruturante externo (palha, grama, folhas, bagaço de cana, etc)	_____ kg/dia ou _____ l/dia
	Resíduos Orgânicos Úmidos (cascas de fruta e verduras, restos de comida, etc.)	_____ kg/dia ou _____ l/dia
	Estruturante interno (serragem, resíduos vegetais triturados (cepilhos), etc)	_____ kg/dia ou _____ l/dia

2 - Monitoramento Semanal

Após o fechamento da leira os seguintes parâmetros deverão ser medidos:

MONITORAMENTO SEMANAL

DEPOIS DO FECHAMENTO DAS LEIRAS (NÀ SEXTA-FEIRA)

Responsável: _____	
Data: _____	
Variáveis das leiras	Odor (marcar com x): <input type="checkbox"/> Imperceptível <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Muito ruim
	Recirculação de percolado: (litros/leira) Leira 1: _____ Leira 2: _____ Leira 3: _____ Leira 4: _____ Leira 5: _____ Leira 6: _____
	Ocorrência (marcar com x) <input type="checkbox"/> Chuva excessiva <input type="checkbox"/> Equipamento com problema <input type="checkbox"/> Outro (especificar): _____
	Número da leira: _____ Temperatura (na altura do solo, na lateral e no topo): Ponto 1: Ponto 2: Ponto 3:

PARÂMETROS DE MONITORAMENTO

PERÍODO E TEMPERATURA NECESSÁRIOS PARA HIGIENIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

SISTEMA DE COMPOSTAGEM	TEMPERATURA	TEMPO
SISTEMAS ABERTOS	>55°C	14 dias
	>65°C	3 dias
SISTEMA FECHADOS	>60°C	3 dias

Fonte: proposta de Resolução Conama que define critérios para produção de composto de resíduos sólidos orgânicos.

2 - Monitoramento Mensal

Mensalmente deverão ser obtidas as seguintes variáveis da Estação Meteorológica:

- Índice Pluviométrico (mm)
- Umidade Relativa (%)
- Temperatura Ambiente (°C)

MONITORAMENTO MENSAL

DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Responsável: _____ Data: _____	
Variáveis Ambientais	Índice Pluviométrico (mm): _____ Fonte: _____
	Umidade Relativa (%): _____ Fonte: _____
	Velocidade do vento (km/h): _____
	Temperatura Ambiente: _____

4 - Monitoramento do Composto Pronto

Aproximadamente um mês depois do “tombo” das leiras, já no composto pronto (após a cura), serão retiradas 3 (três) amostras, de diferentes partes do monte, para análises dos seguintes parâmetros, discutido em Teixeira (2012), provenientes da IN 27/2006 MAPA, que estabelece os limites de contaminantes inorgânicos e agentes patogênicos em produtos comerciais. Cada amostra será composta de 5 sub-amostras de aproximadamente 1kg, misturados em um balde para retirar 500g para a amostra que será encaminhada para análise.

Contaminantes Inorgânicos:

- Arsênio (mg/kg);
- Cádmio (mg/kg);
- Chumbo (mg/kg);
- Cromo (mg/kg);
- Mercúrio (mg/kg);
- Níquel (mg/kg);
- Selênio (mg/kg);

Agentes Patogênicos:

- Coliformes termotolerantes (NMP/gMS);
- Salmonella;
- Ovos viáveis de helminto (ovos viáveis/4gST)

**PARÂMETROS DE MONITORAMENTO DO COMPOSTO PRONTO
APROXIMADAMENTE UM MÊS DEPOIS DO “TOMBO” DAS LEIRAS**

Número da Leira: _____	
Responsável: _____	Data: _____
Contaminantes Inorgânicos	Valor Máximo Permitido
Arsênio (mg/kg): _____	≤ 63
Cádmio (mg/kg): _____	≤ 5,5
Chumbo (mg/kg): _____	≤ 304
Cromo (mg/kg): _____	≤ 316'
Mercúrio (mg/kg): _____	≤ 2,1
Níquel (mg/kg): _____	≤ 127
Selênio (mg/kg): _____	≤ 21
Agentes Patogênicos	Valor Máximo Permitido
Coliformes termotolerantes (NMP/gMS): _____	< 1000
Salmonella (NMP em 10g MS): _____	ausência (*) (**)
Ovos viáveis de helminto (ovos viáveis/4gST): _____	< 0,25

Fonte: (*) Proposta de Resolução Conama que define Critérios para Produção de Composto de Resíduos Sólidos Orgânicos.

Nota: (**) Legislação sobre Salmonella:

- no Brasil: presença/ausência como padrão de aceitabilidade;
- nos EUA: estabelece um limite < 3 NMP em 4g MS, USEPA (número mais provável por 4 gramas de matéria seca) para alguns materiais de aplicação agrícola;
- **sugere-se na nova legislação a adoção do modelo americano: < 3,0 em 4g MS. A presença de Salmonella no fim do processo de compostagem deve-se principalmente à presença de pássaros silvestres.**

Recomenda-se:

- um mês antes da distribuição do composto para uso, as leiras devem ser cobertas para facilitar a atividade de minhocas e embuás e reduzir a presença de pássaros;
- a adoção de Normas de Boas Práticas de higienização de verduras e frutas frescas e o consumo imediato de produtos de hortas urbanas para redução e eliminação da contaminação por Salmonella.

Fonte: Silva et al. (2017)