

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Laís Drey Gehrke

**PROPOSIÇÃO DE ÁREAS INSTITUCIONAIS PARA A  
IMPLEMENTAÇÃO DE USINA DE COMPOSTAGEM EM AMBIENTE  
URBANO DE SANTA MARIA - RS**

Santa Maria, RS  
2022

**Laís Drey Gehrke**

**PROPOSIÇÃO DE ÁREAS INSTITUCIONAIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE  
USINA DE COMPOSTAGEM EM AMBIENTE URBANO DE SANTA MARIA - RS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental.

Prof.<sup>a</sup> Marilise Mendonça Krügel

Santa Maria, RS  
2022

**Laís Drey Gehrke**

**PROPOSIÇÃO DE ÁREAS INSTITUCIONAIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE  
USINA DE COMPOSTAGEM EM AMBIENTE URBANO DE SANTA MARIA - RS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental

**Aprovado em 17 de agosto de 2022:**

---

**Marilise Mendonça Krügel, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**  
(Orientador)

---

**Natielo Almeida Santana, Dr. (UFSM)**

---

**Maurício Vicente Motta Tratsch, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2022

Agradeço a Deus, que me presenteia todos os dias com a energia da vida e me deu forças durante esta trajetória. Este trabalho é dedicado aos meus pais, que incentivaram meu estudo e não pouparam esforços para que esse sonho fosse realizado. Agradeço aos meus familiares, namorado e amigos por compreenderem minha ausência em diversos momentos importantes e por incentivarem meu estudo. Por fim, dedico aos meus companheiros de graduação e os agradeço pelos anos de convívio e aprendizado, esse diploma é nosso!

## RESUMO

### PROPOSIÇÃO DE ÁREAS INSTITUCIONAIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE USINA DE COMPOSTAGEM EM AMBIENTE URBANO DE SANTA MARIA - RS

AUTORA: Laís Drey Gehrke  
ORIENTADORA: Marilise Mendonça Krügel

O resíduo orgânico é o principal componente dos resíduos gerados em uma residência brasileira, correspondendo a cerca de 45,3% da geração. Existem alternativas eficazes para o tratamento de resíduos orgânicos como o processo de compostagem que, além de ser um processo ambientalmente seguro, também converte os orgânicos em composto através da revalorização e aproveitamento da matéria orgânica. As Usinas de Compostagem são excelentes alternativas para o tratamento de resíduos orgânicos, uma vez que os transformam em matéria orgânica. Este estudo tem como objetivo propor áreas institucionais públicas para instalação de Usinas de Compostagem em ambiente urbano na cidade de Santa Maria - RS. O estudo foi desenvolvido de forma quantitativa para a projeção populacional (método geométrico) e para a estimativa da produção de orgânicos. Juntamente, foram realizados estudos qualitativos por meio de imagens via satélite do Google Earth e *shapefiles* das áreas verdes e das áreas institucionais, fornecidos pelo Instituto de Planejamento de Santa Maria (IPLAN). Para definição do sistema de compostagem realizou-se a análise de três aspectos técnicos (tamanho da área, custo de implantação e custos de funcionamento e manutenção) para três tipos de sistemas: Leiras revolvidas ou *Windrow*, Leiras estáticas aeradas e Reatores biológicos. Para a escolha das áreas foram adotados quatro critérios de exclusão (área de preservação permanente e área de conservação natural, área de risco, ocupação atual e tamanho da área). Por fim, a seleção de áreas considerou quatro critérios técnicos específicos (designação da área, vias de acesso, sistema de compostagem e cortinamento vegetal). Dessa forma, estimou-se a geração de 83.614 kg/dia de resíduos orgânicos, considerando 60% de adesão da população. Com isso, foram propostas seis áreas para implementação das Usinas de Compostagem para atender a demanda do município, as quais localizam-se em seis regiões administrativas: Centro-Leste, Leste, Nordeste, Norte, Oeste e Sul. A proposição de áreas para implementação de Usina de Compostagem significa um avanço na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município. A instalação de Usina de Compostagem resulta em benefícios ambientais e econômicos, uma vez que reduz a fração de resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário e concebe oportunidade de trabalho e renda aos colaboradores.

**Palavras-chave:** Compostagem. Resíduos orgânicos. Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Leira.

## ABSTRACT

### PROPOSAL OF INSTITUTIONAL LOCATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF COMPOST PLANTS AT THE URBAN AREA IN SANTA MARIA - RS

Author: Laís Drey Gehrke  
Advisor: Marilise Mendonça Krügel

The organic waste is the main component of the generated waste in Brazilian households, corresponding to approximately 45.3% of the total amount. There are effective alternatives for organic waste treatment, for instance, composting, which is considered an environmentally safe process, it also converts the organic matter into compounds, through the revaluation and reuse of organic matter. The Compost Plants are excellent options for organic waste treatment, considering that they transform a negative sum into a positive one. The main goal of this work is to propose public institutional places to accommodate a Compost Plant in the urban area in the city of Santa Maria - RS. The study was developed with a quantitative approach for a population projection (Geometrical Increase Method) and to estimate the production of organic matter. In combination with, it was made qualitative studies through Google Earth's satellite images and green spaces shapefiles and institutional areas, they were borrowed from the Santa Maria's Planning Institute (IPLAN). In order to establish a Composting System, an analysis of three technical subjects was made (area size, implementation costs and functional and maintenance costs), for three types of system: Aerated Windrow Composting, Aerated Pile Static Composting and In-Vessel Composting. To determine the placement for the Plant, four exclusion criteria were adopted (Permanent Preservation Area and Natural Conservation Area, risk, current occupation and size). Finally, the area selection considered four specific technical aspects (area designation, access roads, composting system and vegetal confinement). Therefore, it was projected 83,614 kilogram per day of organic waste, considering 60% populational commitment. Thereby, to fulfill the city's demand, six areas were proposed to install the Compost Plant, which are located in six administrative regions: Center-West, East, Northeast, North, West and South. The proposal for implementation of Compost Plants means a progress in the Solid Waste Management from the city. The Compost Plant installation results in environmental and economic benefits, since it decreases the solid waste fraction intended to be stored in the landfill and conceives job opportunities and income for employees.

**Keywords:** Composting. Organic Waste. Solid Waste Management. Piles.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil idealizado da temperatura durante o processo de compostagem .....	19
Figura 2 - Localização da cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul .....	23
Figura 3 – Localização das Regiões administrativas de Santa Maria, RS.....	24
Figura 4 – Projeção populacional, por região administrativa, no ano de 2042, para o município de Santa Maria .....	42
Figura 5 – Localização de todas as Usinas de compostagem propostas para o município de Santa Maria, RS.....	42
Figura 6 – Localização da Usina de Compostagem nº 1 (UC 01), bairro Pé-de-Plátano, município de Santa Maria, RS.....	43
Figura 7 – Localização da Usina de Compostagem nº 2 (UC 02), bairro Tomazetti, município de Santa Maria, RS .....	44
Figura 8 – Localização da Usina de Compostagem nº 3 (UC 03), bairro Camobi, município de Santa Maria, RS.....	45
Figura 9 – Localização da Usina de Compostagem nº 4 (UC 04), bairro Presidente João Goulart, município de Santa Maria, RS .....	46
Figura 10 – Localização da Usina de Compostagem nº 5 (UC 05), bairro Divina Providência, município de Santa Maria, RS.....	47
Figura 11 – Localização da Usina de Compostagem nº 6 (UC 06), bairro Nova Santa Marta, município de Santa Maria, RS.....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	OBJETIVO .....	11
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	11
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO PERÍMETRO URBANO .....	12
2.2	BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA COMPOSTAGEM.....	14
2.3	PROCESSOS DA COMPOSTAGEM .....	16
2.4	FASES DA COMPOSTAGEM.....	18
2.5	SISTEMAS DE COMPOSTAGEM.....	20
2.6	USINA DE COMPOSTAGEM .....	21
2.7	MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS .....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	24
3.2	MÉTODOS .....	25
3.2.1	<b>Estimativa populacional e produção de orgânicos</b> .....	25
3.2.2	<b>Sistemas de compostagem</b> .....	26
3.2.3	<b>Dimensionamento da Usina de Compostagem</b> .....	27
3.2.4	<b>Análise das áreas públicas institucionais</b> .....	28
3.2.4.1	Análise de exclusão das áreas públicas institucionais .....	28
3.2.4.2	Seleção de áreas públicas institucionais .....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1	ESTIMATIVA POPULACIONAL E PRODUÇÃO DE ORGÂNICOS .....	32
4.2	SISTEMAS DE COMPOSTAGEM.....	34
4.3	DIMENSIONAMENTO USINA DE COMPOSTAGEM .....	35
4.4	ANÁLISE DE EXCLUSÃO .....	36
4.5	SELEÇÃO DE ÁREAS.....	38
4.6	PROPOSIÇÃO DE USINAS DE COMPOSTAGEM.....	41
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	50
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52
	<b>APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO SISTEMA WINDROW</b> .....	59
	<b>APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO SISTEMA ESTÁTICA AERADA</b> .....	61



## 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos amplia-se na mesma proporção que o crescimento populacional, sendo uma consequência dos meios de produção e consumo e do modo de vida ocidental, o que resulta diretamente em impactos negativos no ambiente e na sociedade (GIOVANNONI; ARCHANGELO, 2022). Em decorrência disso, vive-se o atual período de aquecimento global, esgotamento de recursos naturais, poluição e perda de biodiversidade. Os Parâmetros Curriculares Nacionais – Meio Ambiente (BRASIL, 1997) mencionam que a solução dos problemas ambientais deve ser imediata para certificar o bem-estar das gerações futuras e, também, depende da relação que se estabelece entre sociedade e natureza, tanto na dimensão coletiva quanto na individual.

O consumo exagerado acarreta grande geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) juntamente com impactos negativos ao meio ambiente. Este cenário é intensificado através da deficiência na gestão de resíduos (coleta e disposição final), emissão de gases de efeito estufa, agravadores do aquecimento global e doenças decorrentes da proliferação de vetores (GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, determina uma ordem de prioridade em relação aos resíduos. Inicialmente, procura-se sempre a não geração, seguida da redução, reutilização, reciclagem e, por fim, o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Da mesma forma, no art. 36, a PNRS salienta que é da competência do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos dos municípios “implantar o sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido” (BRASIL, 2010, p. 23).

Conforme a Abrelpe (2020), o resíduo orgânico é o principal componente dos resíduos gerados em uma residência brasileira, correspondendo a cerca de 45,3% da geração. Os resíduos orgânicos são degradados por microorganismos e a partir da mineralização ocorre a reciclagem de nutrientes (BRASIL, 2018). Estes resíduos têm as suas biomoléculas transformadas em compostos mais simples por ação das bactérias, desde que fornecidas as condições necessárias no ambiente (AQUINO; OLIVEIRA; LOUREIRO, 2005).

O Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento apresenta indicadores a respeito do município de Santa Maria, onde a taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana é de 99,43%. A massa de resíduos domiciliares e

públicos coletados *per capita* em relação à população urbana é de 1,01 kg/hab/dia e a despesa anual com manejo dos resíduos sólidos urbanos é de R\$141,22 por habitante (BRASIL, 2019).

Por isso, existem alternativas eficazes para o tratamento de resíduos orgânicos, como os processos de compostagem e vermicompostagem. A compostagem é um processo controlado de decomposição aeróbia, em que há a liberação de gás carbônico, vapor d'água e energia. Esse processo promove a estabilização da matéria orgânica, para que os nutrientes e minerais presentes nos resíduos orgânicos, sejam facilmente assimilados pelas plantas (DORES-SILVA *et al.*, 2013).

Por outro lado, a vermicompostagem a degradação é realizada por meio da ação das minhocas, porém, para grandes volumes de resíduos acaba tornam-se inviável devido a grande quantidade de minhocas necessárias no processo. Outra desvantagem é que nem todo material pode ser depositado nas leiras, já que as minhocas necessitam de um ambiente propício para viver. A baixa umidade, falta de arejamento, pH inadequado, temperatura alta ou baixa demais, além de outras condições, podem afetar o metabolismo das minhocas e até mesmo causar a morte dos animais.

De acordo com Marin (2011), a compostagem é uma alternativa de tratamento dos resíduos orgânicos, uma vez que seu processo possui poucos riscos ambientais, bem como reduz a quantidade de resíduos transportados ao aterro sanitário, aumentando a vida útil deste e diminuindo despesas do município com a destinação. O grande benefício da compostagem é a diminuição da quantidade de resíduos através da reciclagem, gerando um composto orgânico mais estável, química e biologicamente, sendo este um produto com alto potencial de comercialização, devolvendo à matéria orgânica seu papel natural de fertilizar os solos.

As Usinas de Compostagem são excelentes alternativas para o tratamento de resíduos orgânicos, uma vez que transformam uma externalidade negativa em positiva: com manejo adequado gera um composto com alto potencial para uso agrícola e recuperação de solos degradados (MELO; DUARTE, 2018). A compostagem proporciona benefícios tanto para a gestão municipal quanto para agricultura, uma vez que os resíduos orgânicos são convertidos em compostos, gerando empregos e contribuindo para a redução dos custos de sua disposição final (ZAGO; BARROS, 2019).

Conforme Lino (2007) utilizar métodos de seleção de áreas proporcionam uma orientação importante da escolha de locais favoráveis, por seguir critérios técnicos. A seleção das áreas para a instalação de Usinas de Compostagem, bem como a escolha do método ideal de tratamento viabilizam o projeto, reduzem os custos de execução e elevam a eficácia da reciclagem dos resíduos orgânicos. A performance de uma Usina de Compostagem é resultante

de diversos fatores conjuntos e, quando aliados a uma avaliação técnica, oferecem benefícios ao meio ambiente e ao município.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor áreas institucionais públicas para instalação de Usinas de Compostagem em ambiente urbano na cidade de Santa Maria - RS.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar a geração de resíduos orgânicos produzidos pelo município de Santa Maria - RS.
- Propor sistemas para o tratamento dos resíduos orgânicos nas Usinas de Compostagem.
- Dimensionar as Usinas de Compostagem conforme a produção de resíduos orgânicos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO PERÍMETRO URBANO

Os resíduos sólidos urbanos são provenientes de residências, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços e limpeza urbana (varrição, poda, limpeza de logradouros, bueiros e boca de lobo). Segundo a Resolução CONAMA 481/2017 os resíduos orgânicos são aqueles representados pela fração orgânica dos resíduos sólidos, passível de compostagem, sejam eles de origem urbana, industrial, agrosilvopastoril ou outra (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 2017).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2021), no ano de 2020, o Brasil gerou 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, apresentando uma geração *per capita* de 390 kg/ano. Deste total, considerou-se em conjunto os resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos.

São considerados resíduos orgânicos os restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas. Conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (2018), a origem destes resíduos podem ser domiciliares ou urbanos (restos de alimentos, jardinagem, poda, árvores), agrícolas ou industriais (resíduos de agroindústria alimentícia, indústria madeireira, frigoríficos etc.) e de saneamento básico (lodo de estações de tratamento de esgoto).

A gravimetria dos resíduos sólidos urbanos foi estimada pela ABRELPE (2020) com base na média ponderada a partir da geração total de RSU por faixa de renda dos municípios e suas respectivas gravimetrias, levando-se em consideração a população e geração *per capita*. Dessa forma, foi identificado que do total de RSU gerados no Brasil, cerca de 45,3% são resíduos orgânicos, contemplando as sobras e perdas de alimentos, resíduos verdes e madeiras. Os resíduos verdes são aqueles provenientes da poda ou corte de árvores e plantas, sendo composto por galhos e cascas de árvores, troncos, gramas, folhas verdes ou secas, flores e outros materiais orgânicos de origem vegetal.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul menciona uma geração de RSU de 3.150.291 t/ano. Visto que a cidade de Santa Maria se enquadra na faixa populacional entre 50.001 e 300.000 habitantes, considera-se a composição de RSU como sendo 60% de resíduos orgânicos (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

A decomposição anaeróbia dos resíduos orgânicos torna-se um problema nos aterros sanitários em decorrência da produção de chorume e gases, como o gás metano (CH<sub>4</sub>) e gás

carbônico (CO<sub>2</sub>). O gás metano é um gás 20 vezes mais poluente que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e um dos principais agentes do efeito estufa (ARAÚJO, 2018).

De acordo com Serafim *et al.* (2003), o chorume é um líquido escuro gerado pela degradação dos resíduos e contém alta carga poluidora, por isso, deve ser tratado adequadamente. Além disso, o chorume pode provocar a contaminação de corpos hídricos e ocasionar graves problemas a população através do consumo de águas contaminadas.

Na maioria das cidades brasileiras, os resíduos orgânicos não têm um tratamento alternativo adequado, sendo o aterro sanitário a destinação mais usual. O potencial dos resíduos orgânicos para a produção do composto pode contribuir na solução de problemas ambientais. Segundo Siqueira e Abreu (2016) os resíduos orgânicos contribuem positivamente para o desvio de aterros sanitários. Tal fração orgânica poderia ser diminuída dos aterros sanitários caso houvesse outra alternativa de disposição final, a fim de direcionar esses nutrientes de volta ao solo.

É notório que a gestão de resíduos orgânicos está associada à economia dos municípios. Em razão de o resíduo orgânico ser coletado juntamente com os rejeitos domiciliares, acaba sendo encaminhado para as células do aterro sanitário. Assim, torna-se uma despesa para os municípios que poderia ser evitada desde que houvesse a separação e tratamento específico dos resíduos orgânicos (ZAGO; BARROS, 2019).

A compostagem nos centros urbanos é considerada positiva quando resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. A presença de pátios de compostagem no meio urbano demonstra avanços na valorização dos resíduos orgânicos através do desenvolvimento da qualidade de vida e imagem da comunidade envolvida na gestão de resíduos, promoção da cidadania e fomento a educação ambiental (COPETTI, 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) determinou que a fração orgânica de tudo o que é gerado nas cidades fosse transformado em composto por meio da compostagem. Entretanto, a maior parte dos resíduos orgânicos gerados nas cidades brasileiras está sendo disposta em aterros sanitários e lixões, e apenas 0,5% da massa total dos resíduos orgânicos acaba sendo valorizada em Usinas de Compostagem (BRASIL, 2021).

O resíduo orgânico pode ser utilizado como recurso natural ao invés de considerá-lo como problema ambiental. Existem possibilidades que contribuem na produtividade agrícola e na geração de energia, como a produção de composto orgânico (SIQUEIRA; ABREU, 2016).

## 2.2 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA COMPOSTAGEM

A Resolução CONAMA nº 481/2017 estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Um destes procedimentos é a compostagem, que resulta em benefícios ambientais e econômicos.

A Usina de Compostagem reduz a fração de resíduos sólidos destinados aos aterros (SANTOS *et al.*, 2006) e o aproveitamento da fração orgânica proporciona uma redução dos custos com a disposição final e aumento da vida útil dos aterros sanitários (BÜTTENBENDER, 2004). Também possui a vantagem ambiental de converter os orgânicos em composto através da revalorização e aproveitamento da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes para o solo, além de ser um processo ambientalmente seguro (VELASQUES *et al.*, 2015).

A compostagem é um processo aeróbio de reciclagem e tratamento dos resíduos orgânicos que tenta reproduzir algumas condições ideais observadas no processo natural para acelerar a degradação bem como garantir a segurança do processo (BRASIL, 2018). Devido a utilização de oxigênio, a compostagem gera baixas quantidades de metano por tonelada de resíduo orgânico em comparação com formas de tratamento anaeróbio ou disposição em aterro sanitário (INÁCIO; BETTIO; MILLER, 2010).

De acordo com a NBR 13591/96, a Usina de Compostagem é uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamento eletromecânico destinado a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos sólidos domiciliares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA, 1996). As Usinas podem ser divididas em setores: recepção dos resíduos orgânicos (controle do fluxo de entrada); triagem (separação das frações de resíduos e trituração); pátio de compostagem (local onde ocorre a decomposição microbiológica transformando-se em composto); beneficiamento e armazenagem de composto (peneiramento, empacotamento e acondicionamento) e sistema de tratamento de efluentes (chorume provenientes do pátio de compostagem) (SANTOS *et al.*, 2006).

É importante ressaltar que a realização incorreta do processo de compostagem no pátio de compostagem (falta de revolvimentos constantes, excesso de água nas leiras e a estabilização incompleta da matéria orgânica) são aspectos que desfavorecem o produto, gerando um composto de baixa qualidade e reduzindo seu poder de venda (BARREIRA; PHILIPPI JUNIOR; RODRIGUES, 2006).

Todavia, no Brasil, a coleta dos resíduos apresenta dificuldades de ordem econômica e de logística. Um dos desafios das cidades é recolher o material orgânico das residências e estabelecimentos comerciais, como supermercados e hortifrutigranjeiros, e destinar para Usinas

de Compostagem (POLZER, 2016). Os resíduos orgânicos urbanos, que servem como matéria-prima para o processo, chegam às Usinas de forma misturada, diminuindo a qualidade do composto (BARREIRA; PHILIPPI JUNIOR; RODRIGUES, 2006).

Como uma das soluções para esta problemática, a região metropolitana de Vancouver disponibilizou para os cidadãos contêineres específicos para os resíduos orgânicos. Além disso, também incentiva o uso de minhocários e composteiras que somadas à Usina de Compostagem Municipal garantem um melhor destino para os resíduos. A técnica de tratamento de resíduos adotada em Vancouver comprova que quando há separação na origem o processo torna-se mais eficiente (POLZER; PISASI, 2014; POLZER, 2016).

Outro exemplo é a cidade de São Francisco, na Califórnia (EUA). Esta cidade tornou-se um modelo desde 2009, quando a reciclagem e a compostagem se tornaram obrigatórias. São Francisco optou pela separação dos resíduos na fonte e dessa forma, é coletado separadamente resíduos recicláveis, compostáveis e rejeitos (SULLIVAN, 2011). Além disso, possui como meta zerar a destinação de resíduos para aterros sanitários e o processo está em andamento através de intensos programas de reciclagem e compostagem, com resultados promissores (COUTINHO, 2020).

A gestão dos resíduos da cidade de Florianópolis é realizada pela Companhia de Melhoramentos da Capital (COMCAP), responsável pelo centro de compostagem dos resíduos orgânicos. A COMCAP composta, mensalmente, cerca de 80 toneladas de resíduos alimentares, além de cerca de 30 toneladas de podas trituradas e 15 toneladas de podas não-trituradas (palha e grama). Além disso, o composto produzido é embalado e vendido para ser usado em hortas e jardins e parte é doado para escolas e organizações não-governamentais apoiadas pelo programa. O sistema adotado é da compostagem termofílica em leiras estáticas com aeração passiva, onde ocorre a decomposição do material orgânico através da aeração passiva por convecção natural (FLORIANÓPOLIS, 2020). A compostagem de Florianópolis é responsável pelo desvio de aterro de pelo menos 6% dos resíduos orgânicos urbanos gerados na cidade (ZAMBON, 2017).

Embora, no Brasil, haja falta de infraestrutura, como coletas por tipo de material, condições de armazenamento e usinas de tratamento de material orgânico, as cidades brasileiras têm o dever, segundo a PNRS, de desviar os materiais orgânicos, assim como os recicláveis, dos aterros sanitários (POLZER, 2016). Na legislação ambiental brasileira em nível federal, a compostagem é abordada como uma alternativa ambientalmente adequada e como a destinação final mais viável do aspecto legal e ambiental dos resíduos orgânicos quando comparada a destinação à aterro sanitário (FERRÃO; PIRES, 2017). O tratamento dos resíduos orgânicos

através de Usinas de compostagem é uma prática promissora para o país, porém, não possui incentivo do governo e carece do acesso à informação e à educação ambiental (COUTINHO, 2020).

Diante disso, é essencial o conhecimento dos impactos positivos decorrentes da compostagem de resíduos sólidos urbanos para execução de projetos que garantam a preservação do meio ambiente, a melhora das condições de saneamento e o aumento dos benefícios para a população (VAILATI, 1998). A valoração dos resíduos orgânicos através do emprego de Usinas de Compostagem pode auxiliar na solução de graves problemas ambientais como a degradação do solo, a erosão e as mudanças climáticas. Assim como, a fim de obter volumes menores de resíduos, existe a necessidade de melhorar a infraestrutura para a compostagem e deve-se investir intensivamente em programas de redução do desperdício de alimentos. Igualmente, a colaboração e o envolvimento dos cidadãos através de atitudes assertivas e proativas de separação e acondicionamento de resíduos contribuirão na gestão dos resíduos dos municípios (ZAGO; BARROS, 2019).

### 2.3 PROCESSOS DA COMPOSTAGEM

A compostagem permite a decomposição biológica da matéria orgânica e pode ser promovida por microrganismos sob condições controladas, sendo um processo biológico aeróbico de estabilização de resíduos orgânicos para a produção do composto (ASSANDRI *et al.*, 2020). O processo de compostagem produz gás carbônico, calor, água e matéria orgânica. A eficiência desse processo está relacionada a fatores que proporcionam condições ideais para que os microrganismos aeróbios se multipliquem e degradem o resíduo orgânico. De acordo com Silva, Duarte e Anselmo (2017), a qualidade do processo de compostagem depende do conjunto de fatores condicionantes para o bom desenvolvimento como o tipo de material a ser compostado e condições favoráveis de umidade, aeração, temperatura, relação C/N, pH e granulometria. Tais fatores afetam a atividade microbiológica, direta ou indiretamente, durante a compostagem e, conseqüentemente, a qualidade do produto resultante deste processo.

Os principais microrganismos presentes durante a compostagem são os fungos e as bactérias. Juntamente, podem estar presentes outros organismos (não necessariamente em escala microscópica), como algas, protozoários, nematoides, vermes, insetos e larvas, dependendo principalmente das características do material a ser compostado (DAL BOSCO, 2017). A intensidade da atividade dos microrganismos determina a taxa de velocidade do processo de compostagem, portanto o entendimento dos processos microbianos torna-se



importantes na ciclagem dos nutrientes e do processamento da matéria orgânica (VALENTE *et al.*, 2009).

No processo de compostagem, a umidade deve ser considerada, pois os microrganismos envolvidos no processo aeróbio necessitam de uma concentração de água suficiente no meio de cultura para crescer e assim realizar a degradação do resíduo orgânico. Teores de umidade na faixa de 60 a 70% são apontados como ideais para que o processo ocorra em condições ótimas (DAL BOSCO, 2017).

A temperatura é um parâmetro que indica o equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e diz sobre a eficiência do processo (NASCIMENTO, 2015). A compostagem é um processo exotérmico de degradação de resíduos orgânicos, visto que gera calor em consequência da atividade microbiana. Dessa forma, a temperatura é importante em relação a rapidez do processo de biodegradação do material e à eliminação dos possíveis patógenos presentes (DAL BOSCO, 2017).

A relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de materiais orgânicos. Segundo Valente *et al.* (2009) não é possível determinar um valor absoluto para a relação C/N inicial. O balanço de nutrientes na compostagem prevê indicações variadas ao início da aplicação da técnica de acordo com as características do material a compostar. A relação carbono e nitrogênio (C/N) deve ser em torno de 30/1, isso quer dizer que para cada parte de nitrogênio, devem estar presentes 30 partes de carbono para que a compostagem se realize com eficiência. Ao final do processo de compostagem, o composto estará maturado quando a relação C/N estiver entre 8/1 e 12/1 e o pH acima de 6,0 (KIEHL, 2002).

O pH é um parâmetro importante no processo da compostagem para o desenvolvimento dos microrganismos (SILVA *et al.*, 2011). A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES *et al.*, 2006).

De acordo com Paula e Cezar (2011) a aeração pode ser realizada através de processos naturais, manuais ou mecânicos, sendo que o revolvimento do material é o processo de aeração mais utilizado e consiste em movimentar as camadas do composto de maneira que seja totalmente homogêneo. A aeração evita altas temperaturas durante o processo, aumenta a velocidade de oxidação, diminui a liberação de odores e reduz o excesso de umidade de um material em decomposição.

A granulometria diz respeito ao tamanho das partículas dos resíduos a serem compostados, influenciando no movimento de gases e líquidos na leira. Quanto menor o tamanho da partícula, maior a superfície de contato com os microrganismos, facilitando a degradação do material. Porém, partículas muito pequenas apresentam adversidades no sistema em relação à aeração e à compactação (DAL BOSCO, 2017).

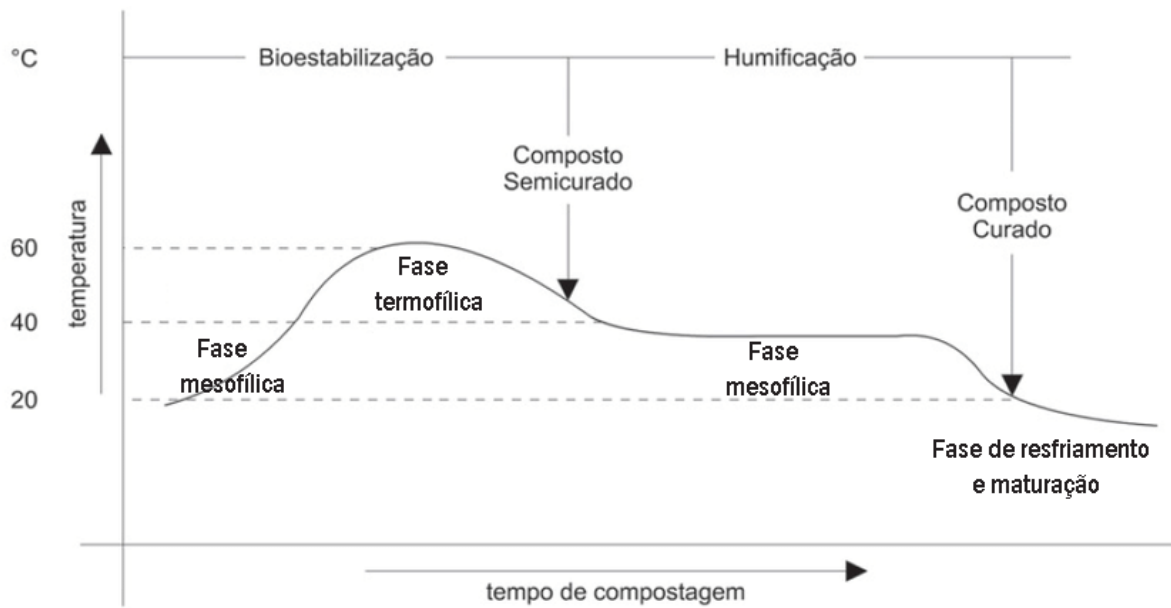
O processo resulta em um composto final rico em matéria orgânica humificada que pode ser utilizado como fertilizante para o plantio de diversas espécies vegetais, inclusive alimentícias (DAL BOSCO, 2017). De acordo com Silva, Durante e Anselmo (2017) a qualidade do produto compostado deve ser regulamentada pelas leis específicas de cada país, pois o composto não é um produto único e sua qualidade pode variar de acordo com os resíduos orgânicos e os processos utilizados.

O composto é um condicionador de solo, que atua benéficamente nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas, além de fornecer nutrientes. Zandonadi *et al.* (2014) destaca alguns benefícios do composto para o solo, como melhor agregação, aeração e porosidade, facilidade na infiltração de água, aumento da percolação e armazenamento de água pelo solo, resistência à erosão, maior CTC (capacidade de troca catiônica) e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. Além destes, os aspectos biológicos que estão relacionados com microrganismos benéficos encontrados na matéria orgânica, o pH levemente básico, a riqueza de nutrientes e carbono orgânico também representam boas características de uso no cultivo das plantas.

#### 2.4 FASES DA COMPOSTAGEM

Segundo Rodrigues (2017), o processo de compostagem passa por três fases até a obtenção do composto: fase mesofílica, fase termofílica e fase da maturação. A temperatura é um indicativo da etapa em que se encontra o processo de compostagem, e conforme pode ser observado na Figura 1, ela varia durante todo o processo.

Figura 1 – Perfil idealizado da temperatura durante o processo de compostagem



Fonte: DAL BOSCO (2017).

A primeira fase é a fase mesofílica, onde as temperaturas são moderadas (cerca de 40°C) e com duração de aproximadamente 15 dias. Logo que a matéria orgânica se aglomera, fungos e bactérias mesófilas (ativas a temperaturas próximas da temperatura ambiente) começam a se proliferar e são importantes para a decomposição dos resíduos orgânicos.

Posteriormente, inicia-se a fase termofílica, sendo a etapa mais longa e estendendo-se por até dois meses, dependendo das características do material que está sendo compostado. Nessa fase, fungos e bactérias denominados de termofílicos, ou termófilos, são capazes de sobreviver a temperaturas geralmente maiores que 55 °C e possuem influência da quantidade de oxigênio disponível (promovido pelo revolvimento). Nessa etapa ocorre a degradação das moléculas mais complexas e, devido à alta temperatura os agentes patogênicos são eliminados (RODRIGUES, 2017).

Por fim, a última fase do processo de compostagem é a fase de maturação. Nessa fase há a diminuição da atividade microbiana, juntamente com as quedas gradativas de acidez e temperatura (até se aproximar da temperatura ambiente), antes observada no composto. É um período de estabilização que produz um composto maturado com as propriedades físico-químicas e biológicas desejáveis à aplicação no solo (RODRIGUES, 2017).

## 2.5 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

Conforme Fernandes e Silva (1999) existem diversas alternativas para implantação de processo de compostagem, desde sistemas manuais simples até sistemas complexos de alta tecnologia, onde todos os parâmetros do processo são monitorados e controlados com precisão. Um composto de qualidade pode ser obtido tanto por tecnologias simples como por tecnologias complexas, desde que os resíduos sejam adequados e o processo biológico ocorra em boas condições.

Existem três sistemas principais em que o processo de compostagem pode ocorrer: sistema de leiras revolvidas (*Windrow*), sistema de leiras estáticas aeradas (*Static pile*) e sistemas fechados ou reatores biológicos (*In-vessel*) (FERNANDES; SILVA, 1999). A escolha do tipo de sistema ocorre de acordo com a finalidade, ponto de vista técnico e socioeconômico.

No sistema de leiras revolvidas (*Windrow*) os resíduos orgânicos são dispostos em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão e convecção do ar na massa do composto. As principais vantagens desse sistema são: o baixo investimento inicial, a flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos, a simplicidade de operação e equipamento e a possibilidade de rápida diminuição do reator de umidade das misturas devido ao revolvimento. Porém, o sistema necessita de maior área, é dependente do clima e requer atenção no monitoramento da aeração (REIS, 2005).

O processo mais frequente de compostagem é por revolvimento, que de acordo com a NBR 13591/96, é a operação manual ou mecânica para promover as condições adequadas e necessárias à biodegradação aeróbia do material depositado em leira. As leiras de compostagem dizem respeito à forma de disposição de material em biodegradação, podendo ser com seção transversal, triangular ou trapezoidal, e formadas com material vegetal seco (galhos e material de poda) e resíduos orgânicos. Neste método, a decomposição do resíduo orgânico é realizada através do processo aeróbio e a introdução do oxigênio na leira ocorre por meio do revolvimento periódico da massa de compostagem (TEIXEIRA *et al.*, 2004).

Por outro lado, no sistema de leiras estáticas aeradas (*static pile*) os resíduos são colocados sobre uma tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, não havendo revolvimento mecânico das leiras. Com o fluxo maior de oxigênio, se obtém bom controle de odores e o processo de decomposição se dá em um tempo mais curto. Esse sistema tem maior custo na implantação e operação bem como, requer também maior cuidado no manejo das leiras para preservar as estruturas de entrada de ar (SILVA *et al.*, 2017). As leiras estáticas aeradas proporcionam melhor uso da área disponível, controle de odores, maior

rapidez na etapa de estabilização e a possibilidade de controle da temperatura e da aeração. As desvantagens deste sistema são em relação à necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração, controle dos aeradores durante a compostagem e sua operação também é influenciada pelo clima (FERNANDES; SILVA, 1999).

Em grandes usinas, o processo implementado geralmente é o de leira estática aerada, com a introdução de oxigênio por bomba de ventilação. Nesses casos, o método de compostagem acelerada utiliza equipamentos eletromecânicos, objetivando acelerar o início do processo biológico, com a manutenção de um ambiente controlado, seguida de continuação do processo no pátio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996).

Por fim, nos sistemas fechados ou reatores biológicos os resíduos são colocados dentro de sistemas que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Este sistema tem como vantagens uma menor demanda de área, melhor controle do processo, independência de agentes climáticos, facilidade para controlar odores e potencial para recuperação de energia térmica. A principal desvantagem do sistema é apresentar alto investimento de implantação, além da dependência dos sistemas mecânicos especializados, o que aumenta os gastos com manutenção. Da mesma forma, possui menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos e uma vez que haja erro no sistema, a reparação é complexa (FERNANDES; SILVA, 1999).

## 2.6 USINA DE COMPOSTAGEM

A Usina de Compostagem é dividida em áreas para o desenvolvimento de cada etapa. Uma instalação deve ter o galpão de armazenamento dos materiais que serão compostados, é neste local que haverá a trituração da matéria-prima e acondicionamento até o momento de dispor nas leiras (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA, 2004).

O pátio de compostagem é o local onde as leiras são dispostas e os materiais sofrerão a decomposição. Para melhor eficiência, os resíduos orgânicos são depositados em leiras levando em consideração a relação C/N (ARAÚJO *et al.*, 2020). A respeito do tamanho de um pátio de compostagem, este é função do nível de tecnologia utilizada e da quantidade de material que a unidade recebe para compostagem. Além disso, é indicado que a superfície do pátio de compostagem possua impermeabilização, podendo ser concretados, asfálticos ou de argila compactada simples e que exista sistema para a captação e drenagem de efluentes (EPA, 1994).

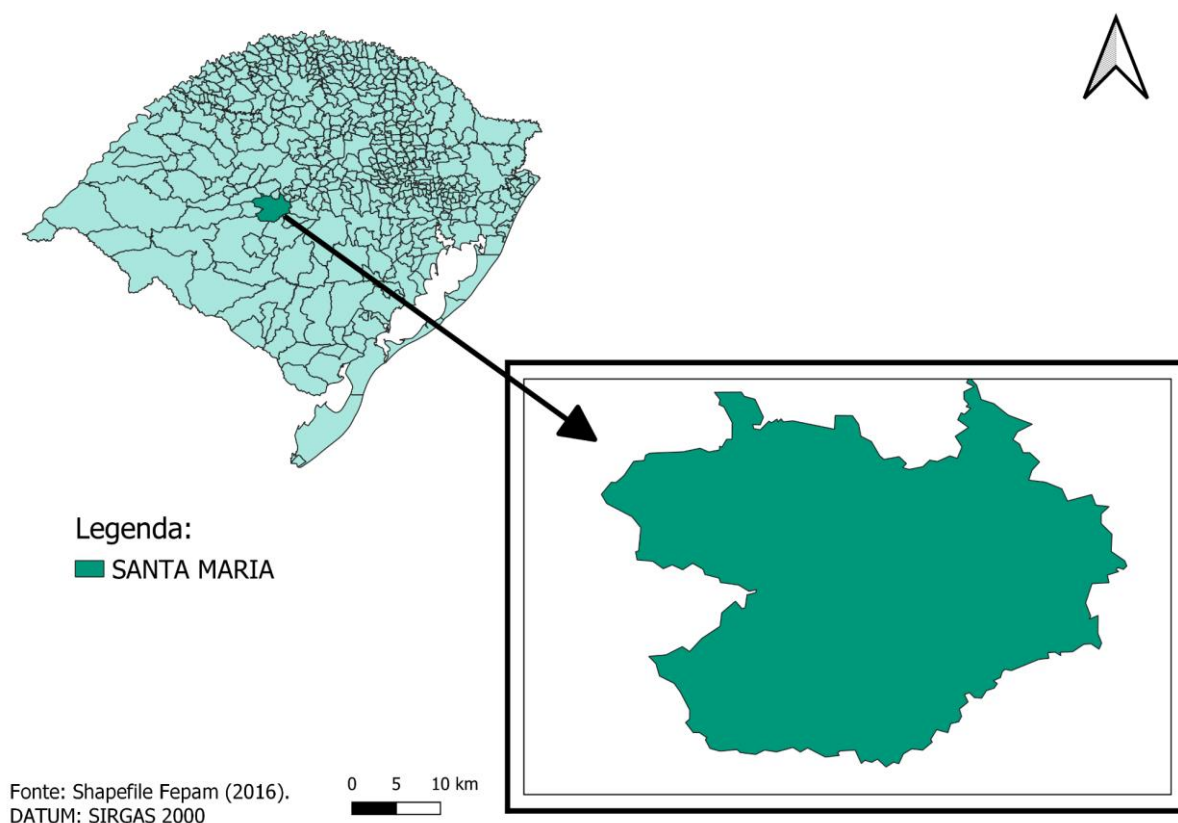
Por fim, o galpão de armazenamento é onde o composto é peneirado e acondicionado. Com intuito de facilitar o manuseio pelo operador e para a remoção de alguma matéria que não

são de interesse realiza-se o peneiramento. É neste galpão onde o composto será acondicionado até o momento da doação ou comercialização (ARAÚJO *et al.*, 2020).

## 2.7 MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS

A cidade de Santa Maria situa-se na região central do Rio Grande do Sul (Figura 2) e apresenta uma área aproximada de 1.779,79 km<sup>2</sup> (SANTA MARIA, 2018). Conforme o IBGE (2010), no último censo realizado, estimou-se que o município possui uma população de 261.031 habitantes.

Figura 2 - Localização da cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Fundação Estadual de Proteção Ambiental (2016).

O município está inserido na bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim e está localizado em uma área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Pampa. Conseqüentemente, a fauna e a flora de Santa Maria apresentam elementos típicos destes dois biomas.

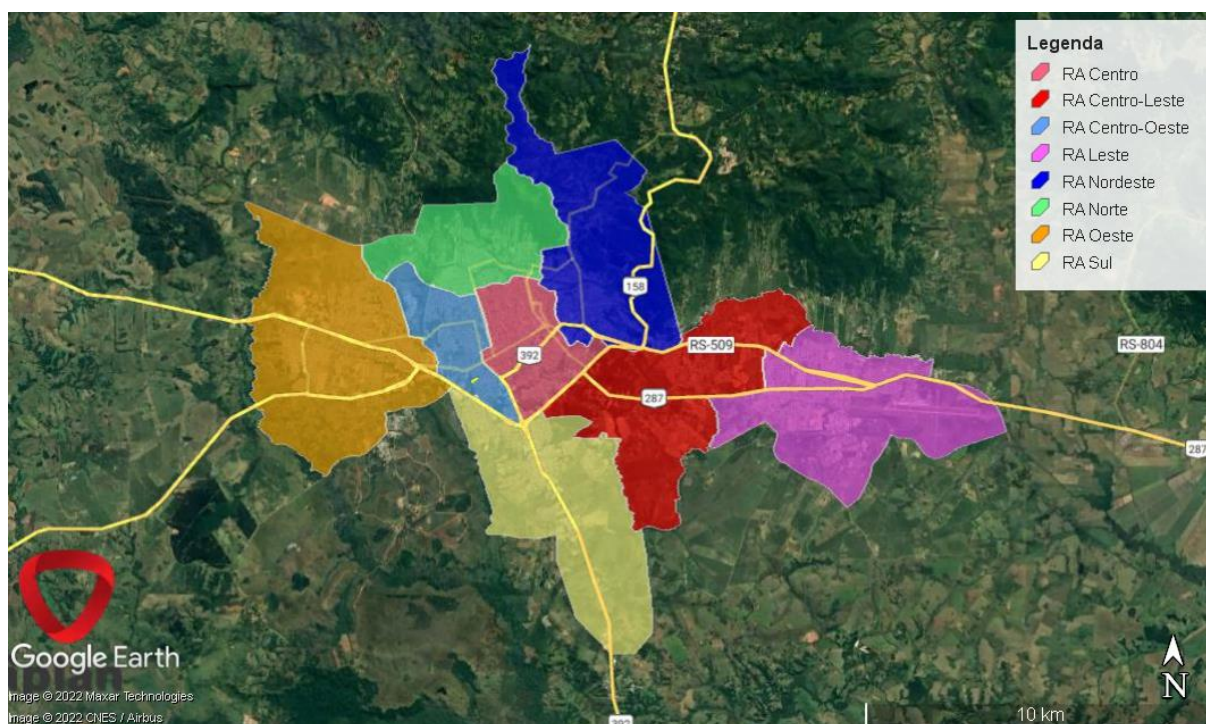
Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Santa Maria (2014), a economia da cidade é principalmente decorrente do setor terciário, devido ao desenvolvimento do comércio, educação, serviços de saúde e estabelecimento de serviços públicos estaduais e federais. Essa dominância do setor terciário na cidade corresponde por mais de 80% dos empregos da população economicamente ativa. Dados do SNIS (2019) apontam que Santa Maria possui uma boa infraestrutura, contendo 63,65% de atendimento urbano de esgoto, 99,43% de cobertura dos serviços de coleta de resíduos domiciliares e um sistema de abastecimento de água atendendo 95,15% da população.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo de implementação de Usinas de Compostagem foi realizado no município de Santa Maria – RS. A cidade subdivide-se em 10 distritos, oito regiões administrativas e 41 bairros. As regiões administrativas foram delimitadas seguindo critérios naturais, socioeconômicos, políticos, estruturais e sugestões da comunidade (IPLAN, 2014). Na Figura 3 é possível observar a divisão do município nas respectivas áreas administrativas: Centro Urbano, Norte, Nordeste, Centro-Leste, Leste, Sul, Centro-Oeste e Oeste. Estas regiões administrativas estão inseridas no Distrito Sede, onde em sua maioria é caracterizado como área urbana.

Figura 3 – Localização das Regiões administrativas de Santa Maria, RS



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022) e IPLAN (2014).

Como é possível verificar no Quadro 1, existe grande variação na parcela de habitantes em cada região administrativa. A região Oeste apresenta a maior área com 25,82 km<sup>2</sup>. Por outro lado, a região Centro possui maior população, com 59.800 habitantes considerando dados de 2014 (IPLAN, 2014).



Quadro 1- Dados de população e área territorial por Região Administrativa do município de Santa Maria, RS

Região Administrativa	Área (km <sup>2</sup> )	População (hab)
Centro	8,1414	59800
Norte	12,5766	27805
Nordeste	19,8643	28819
Centro-Leste	20,2195	12176
Leste	20,5186	21822
Sul	13,2288	18611
Centro-Oeste	6,4206	22299
Oeste	25,8226	55133

Fonte: IPLAN (2014).

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Estimativa populacional e produção de orgânicos

Por meio de dados disponibilizados pelo IBGE (2010) foi realizada a estimativa do crescimento populacional para cada região administrativa com projeção para 2042. Esta projeção é utilizada em grandes obras, considerando a vida útil da obra. No estudo da projeção populacional foi utilizado o Método Geométrico, onde pressupõe-se para iguais períodos a mesma porcentagem de aumento da população. Todos os cálculos de crescimento da população foram baseados em Von Sperling (2014). Inicialmente foram utilizadas a população do penúltimo censo ( $P_1$ ), a população do último censo ( $P_2$ ) e seus respectivos anos ( $t_1$  e  $t_2$ ) para descobrir o coeficiente de crescimento populacional ( $K_g$ ), conforme Equação 1:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Através de projeção geométrica foi estimada a população ( $P$ ) para o ano de 2042. Para o cálculo foram considerados a população do último censo ( $P_2$ ), o ano do último censo ( $t_2$ ), o coeficiente de crescimento populacional ( $K_g$ ) e o ano da projeção ( $t$ ). Dessa forma, através da Equação 2, obteve-se a população estimada:

$$P = P_2 * e^{K_g(t-t_2)} \quad (2)$$

Para o dimensionamento da quantidade de resíduos orgânicos gerados adotou-se uma adesão de 60% da população com a coleta de resíduos orgânicos domésticos e que a porcentagem de geração *per capita* permaneça constante durante o período. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2020), a massa de resíduos orgânicos *per capita* é de 0,466 kg/dia e, da geração total de RSU, cerca de 45,3% dos resíduos coletados são orgânicos, sendo estes os dados utilizados no dimensionamento.

No cálculo da geração de resíduos orgânicos foi considerada a população para o ano de 2042 ( $P$ ), a geração de resíduos orgânicos *per capita* ( $Coef.$ ) e a porcentagem de adesão da população ( $Ad$ ). Desta forma, calculou-se, através da Equação 3, a quantidade de resíduos orgânicos encaminhados para a Usina de Compostagem:

$$Q_{org} = P * Coef * Ad \quad (3)$$

### 3.2.2 Sistemas de compostagem

Para definição do sistema de compostagem realizou-se a análise dos aspectos técnicos para três tipos de sistemas: Leiras revolvidas ou *Windrow*, Leiras estáticas aeradas e Reatores biológicos. Com o intuito de propor o sistema de compostagem mais adequado foram considerados os aspectos técnicos juntamente das vantagens e desvantagens apresentados por Inácio e Miller (2009).

Para cada aspecto técnico foi definido um critério, com sua respectiva pontuação, conforme as características do sistema (Quadro 2). Dessa forma, a partir do somatório das pontuações, foi sugerido o sistema de compostagem mais favorável para implantação, sendo aquele que possuir o menor valor numérico.

Quadro 2 – Aspectos técnicos e critérios para seleção do sistema de compostagem.

Aspecto Técnico	Critério	Pontuação
Custo de implantação	Alto	1
	Razoável	2
	Baixo	3
Custo de funcionamento e manutenção	Alto	1
	Razoável	2
	Baixo	3
Tamanho da área	Grande	1
	Média	2
	Pequena	3

Fonte: Autora.

### 3.2.3 Dimensionamento da Usina de Compostagem

Para o dimensionamento da Usina de compostagem o volume diário ( $V_{org}$ ) foi obtido conforme a Equação 4, onde considera-se a massa diária dos resíduos orgânicos recebidos na Usina ( $M_{org}$ ) e peso específico dos resíduos compostáveis ( $\rho$ ).

$$V_{org} = \frac{M_{org}}{\rho} \quad (4)$$

Posteriormente, calculou-se a área transversal (Equação 5), considerando as dimensões de base ( $b$ ) e altura ( $h$ ). Adotou-se o formato da leira como triangular.

$$A_{trans} = \frac{b \cdot h}{2} \quad (5)$$

A definição do comprimento de cada leira ( $L$ ) foi calculado por meio da Equação 6, onde considera-se a área transversal ( $A_{trans}$ ) e o volume de resíduos orgânicos recebidos no dia ( $V_{org}$ ).

$$L = \frac{V_{org}}{A_{trans}} \quad (6)$$

Dessa forma, é possível ter conhecimento do tamanho da área da base de cada leira ( $A_{leira}$ ). A Equação 7 demonstra este cálculo, onde considerou-se o comprimento da leira ( $L$ ) e tamanho da largura/base da leira ( $b$ ).

$$A_{leira} = L * b \quad (7)$$

Adotou-se o tempo de compostagem como 120 dias e a formação de uma leira por dia, de acordo com o proposto por Oliveira, Sartori e Garcez (2008). Assim, o volume de resíduos orgânicos no período de compostagem pode ser verificado através da Equação 8, que avalia a quantidade de leiras geradas por dia ( $N_{leira}$ ), o tempo de compostagem ( $t$ ) e o volume total de resíduos orgânicos recebidos pela Usina ( $V_{org}$ ).

$$V_{comp} = N_{leira} * t * V_{leira} \quad (8)$$

Dessa forma, calculou-se a área útil do pátio de compostagem ( $A_{útil}$ ), na qual utiliza a área de cada leira ( $A_{leira}$ ), área de espaçamento para reviramento ( $A_{esp}$ ) e a quantidade de leiras simultâneas ( $Q_{leiras}$ ). A Equação 9 descreve o cálculo realizado.

$$A_{útil} = A_{leira} * A_{esp} * Q_{leiras} \quad (9)$$

Através da Equação 10 foi calculada a área total do pátio de compostagem ( $A_t$ ), onde será acrescentado 30% da área ativa calculada como um coeficiente de segurança, em virtude de necessidades de circulação, estacionamento, vestiário, escritório e galpão de armazenamento.

$$A_t = A_{útil} + (A_{útil} \cdot 30\%) \quad (10)$$

### 3.2.4 Análise das áreas públicas institucionais

O zoneamento e a ocupação do solo do município de Santa Maria são regidos pela Lei Complementar nº 117/2018 (CÂMARA MUNICIPAL DOS VEREADORES, 2018), que institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. As análises das áreas institucionais consideraram esta legislação, principalmente os Anexos 10.1 (Mapa das Áreas de Risco) e 12 (Mapa das Áreas Especiais Naturais).

O Instituto de Planejamento de Santa Maria (IPLAN) disponibilizou arquivos *shapefile* para a análise das regiões administrativas. Os arquivos contêm 345 áreas públicas institucionais, 263 áreas verdes, 68 áreas de perigo e o mapa das áreas especiais naturais constando as oito áreas de conservação natural e as nove áreas de preservação permanente.

#### 3.2.4.1 Análise de Exclusão das áreas públicas institucionais

O processo de análise de exclusão das Regiões Administrativas considerou critérios baseados e adaptados da metodologia de Massunari (2000), estabelecidos no Quadro 3, onde são reunidos os requisitos mínimos necessários para escolha da área de um projeto básico.

Associadamente, os aspectos técnicos fundamentaram-se na Diretriz Técnica nº 07/2021 para atividades de compostagem de resíduos sólidos urbanos (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2021). Dessa forma, considerando que as áreas estão em conformidade com o zoneamento ambiental e urbano do município, aquelas que se enquadram nestes quatro aspectos são inviabilizadas para instalação de Usina de Compostagem.

Quadro 3 - Critérios de exclusão de áreas com características inadequadas para a implantação de uma Usina de Compostagem

Aspecto Técnico	Critério de exclusão
Área de preservação permanente e área de conservação natural	Presença
Área de risco	Presença
Ocupação atual da área	Previamente ocupada
Tamanho da área	Inferior ao requerido no dimensionamento

Fonte: Adaptado de Massunari (2000) e Fundação Estadual de Proteção Ambiental (2021).

Em função dos *shapefiles* disponibilizados foi possível realizar a exclusão de todas as áreas verdes e institucionais inseridas dentro de áreas de risco e em locais de área de preservação permanente e área de conservação natural. Outro fator considerado foi a ocupação atual da área, uma vez que a maioria das áreas institucionais já possuem uma destinação em prol da comunidade. Por meio das imagens de satélite do *Google Earth* e dos *shapefiles* foi possível verificar a presença ou a ausência de atividades na área.

Ademais, considerou-se dois tamanhos diferentes de área para cada região administrativa, devido aos dois tipos de sistemas mais favoráveis: *Windrow* e Estática Aerada. Os *shapefiles* “áreas institucionais” e “áreas verdes” apresentam a propriedade de medida de área e perímetro, sendo possível o enquadramento.

#### 3.2.4.2 Seleção de áreas públicas institucionais

Posteriormente, o processo de seleção de áreas considerou os critérios técnicos específicos, visando a obtenção de áreas com as características mais apropriadas para a implantação de uma Usina de Compostagem. Cada aspecto técnico possui critérios de seleção e coeficiente de relevância, nos quais geram uma respectiva pontuação de acordo com as individualidades da propriedade.

No estudo, empregou-se o método de Massunari (2000), com adaptação do Termo de Referência Técnico do Ministério das Cidades (BRASIL, 2010), em que os aspectos técnicos possuem diferentes coeficientes de relevância, variando de 1 a 5, sendo o maior valor aplicado aos critérios de maior importância. Igualmente, cada critério possui a sua pontuação, variando de 1 a 3, de acordo com o grau de importância.

A área que receber menor pontuação será a área menos apta para receber a Usina e, notoriamente, a área com a maior pontuação será a mais indicada. A pontuação de cada área ( $P_{área\ x}$ ) será o somatório dos produtos entre o Coeficiente de Relevância ( $Cf$ ) do aspecto técnico e a Pontuação ( $P_c$ ) do critério estabelecido (Equação 11).

$$P_{área\ x} = \sum_{i=1}^5 Cf_i * P_i = Cf_1 * P_1 + Cf_2 * P_2 + \dots + Cf_5 * P_5 \quad (11)$$

O Quadro 4 refere-se aos aspectos técnicos considerados na seleção das áreas mais adequadas dentre as potencialmente utilizáveis para esse fim existentes no município. A atribuição de pesos aos diversos fatores de análise estabelecidos foi feita a partir do pressuposto de que alguns são mais significativos que os demais.

Quadro 4 – Aspectos técnicos, coeficiente de relevância, critérios e pontuação para a seleção de áreas

Aspecto Técnico	Coef. de relevância	Crítérios	Pontuação
Designação da área	5	Áreas institucionais	2
		Áreas verdes	1
Distância em relação a residências	4	Esperada (> 30 m)	3
		Aceitável (entre 15 m e 30 m)	2
		Desfavorável (< 15 m)	1
Vias de acesso	3	Boa (pavimento em asfalto)	3
		Adequada (pavimento em paralelepípedo)	2
		Ruim (sem pavimentação)	1
Sistema de compostagem	2	Windrow	3
		Estática Aerada	1
Cortinamento vegetal	1	Existência prévia	2
		Possibilidade de implementação	1

Fonte: Adaptado de Massunari (2000) e Ministério das Cidades (2010).

A designação da área foi estabelecida de acordo com a nomeação presente nos *shapefiles*. Quanto a distância em relação a residências utilizou-se a ferramenta da régua, no *Google Earth*, para medir a distância da área selecionada até a vizinhança. Para análise das vias

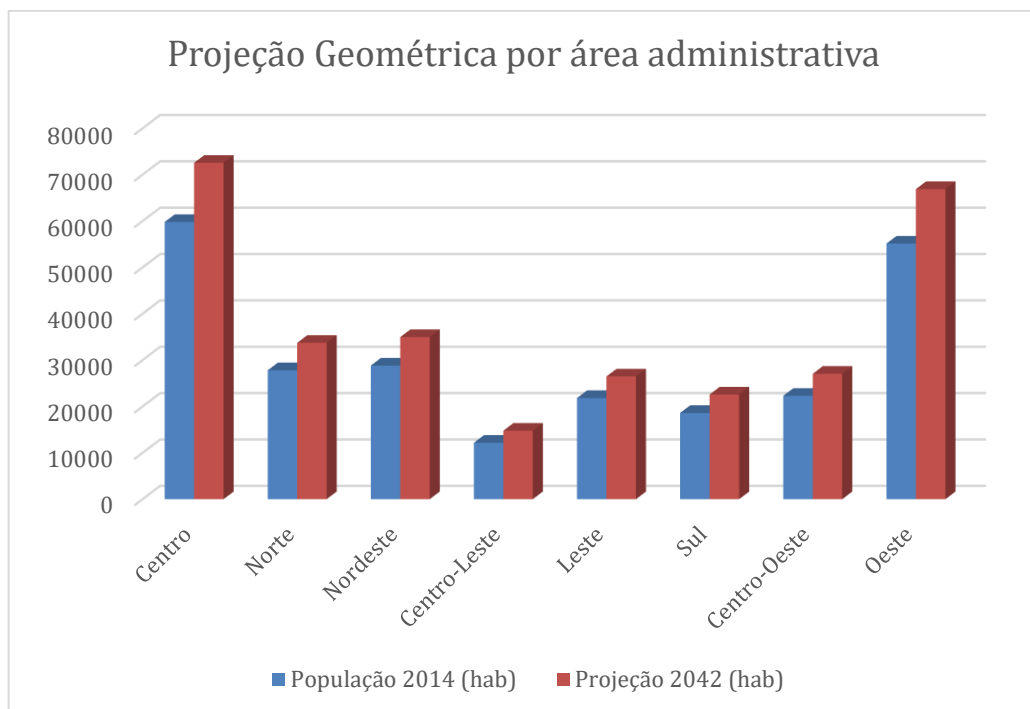
de acesso, foi possível percorrer as ruas através da ferramenta *Street View*, no *Google Earth*, e observar quais as condições do pavimento no local. Quanto ao sistema de compostagem, foi dada a preferência para o Sistema *Windrow* e, em áreas com insuficiência de tamanho, então, foi proposto a implantação do Sistema estática aerada. Por fim, através das imagens de satélite do *Google Earth* foi possível observar a presença e a ausência da vegetação na área selecionada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESTIMATIVA POPULACIONAL E PRODUÇÃO DE ORGÂNICOS

Através da aplicação da Equação 1 obteve-se um coeficiente de crescimento populacional ( $K_g$ ) de 0,0069. Na sequência, a projeção geométrica para 2042 foi calculada, através da Equação 2, para cada região administrativa (Figura 4).

Figura 4 – Projeção populacional, por região administrativa, no ano de 2042, para o município de Santa Maria.



Fonte: Autora.

Com isso, também foi possível estimar a quantidade total de resíduos gerados e coletados, em cada região administrativa, para o ano de 2042. Este planejamento é necessário para que o sistema funcione e atenda a demanda da população durante um período prolongado.

Com relação a adesão da população à coleta de orgânicos, o cenário ideal seria o da participação de todos os habitantes. Todavia, é notório que existem dificuldades no que diz respeito ao interesse e cooperação da população, tornando essa totalidade improvável. Assim sendo, no dimensionamento adotou-se adesão de uma parcela da população.

Mediante a projeção da população, obteve-se a geração de resíduos orgânicos através da Equação 3, considerando adesão de 60% da população com a coleta de resíduos orgânicos



domésticos e massa de resíduos orgânicos *per capita* de 0,466 kg/dia. Os resultados podem ser verificados no Quadro 6.

Quadro 6 – Quantidade de resíduo orgânico, por região administrativa, no ano de 2042 para o município de Santa Maria.

Região Administrativa	Projeção 2042 (hab)	Quantidade de orgânicos/região (kg/dia)
Centro	72.558	20.287,33
Norte	33.737	9.432,93
Nordeste	34.968	9.776,93
Centro-Leste	14.774	4.130,74
Leste	26.478	7.403,18
Sul	22.582	6.313,84
Centro-Oeste	27.057	7.565,00
Oeste	66.896	18.704,04
		<b>83.614</b>

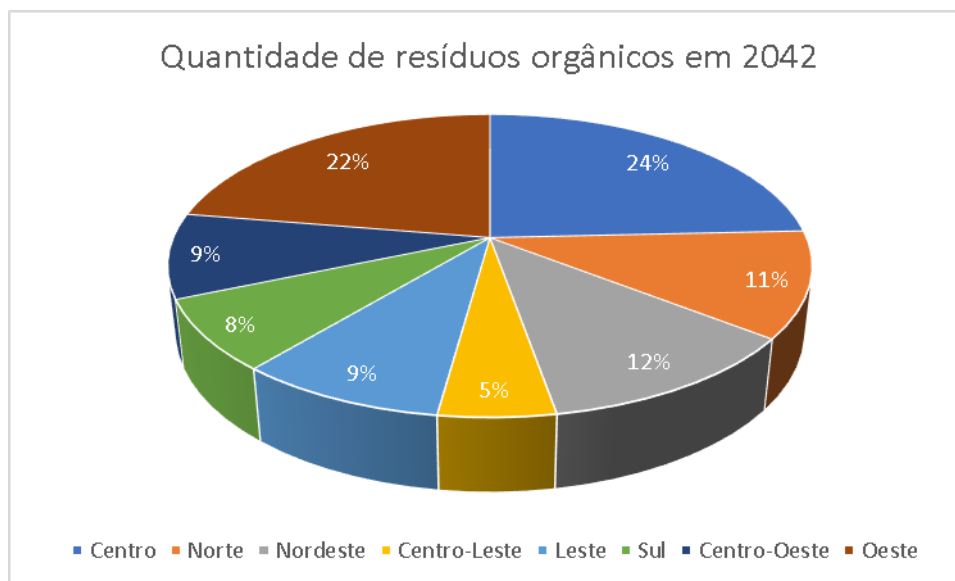
Fonte: Autora.

São 83.614 kg/dia de resíduos orgânicos que poderiam ser destinados ao Aterro Sanitário que, considerando esta proporção de adesão da população, poderiam ter como destino a Usina de Compostagem. Dado que o município possui um gasto de R\$26 milhões de reais por ano através de três contratos para recolher, transportar e destinar o seu resíduo (MATGE, 2022), a porcentagem de resíduos orgânicos com a destinação ideal representaria uma grande economia para o município. Logo, este valor poderia ser convertido com melhorias e investimentos nas Usinas de Compostagem.

A adoção da prática da compostagem está fortemente associada a sensibilização das pessoas em torno da problemática da geração e destinação adequada dos resíduos orgânicos (BRASIL, 2018). Dessa forma, uma vez que os municípios mobilizem a população a respeito da questão ambiental, existe possibilidade de aumento da adesão e, por consequência, resulta em maior economia aos cofres do município.

Na Figura 5 é possível perceber a diferença na produção de resíduos orgânicos entre as Regiões Administrativas. É notório que as regiões mais populosas, conseqüentemente, produzem mais resíduos orgânicos. Dessa forma, a Região Centro obteve a maior produção, seguida da Região Oeste. E, a região com a menor produção do município foi a Região Centro-leste.

Figura 5 – Projeção da quantidade de resíduos orgânicos, por região administrativa, em 2042



Fonte: Autora.

#### 4.2 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

No Quadro 7 é possível verificar que o sistema de leiras revolvidas, também conhecido como *Windrow*, obteve a menor pontuação entre os três sistemas analisados. Deste modo, escolheu-se como o sistema para ser implantado no município. O Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2010) indica que a compostagem em leiras com reviramento manual ou mecânico, é recomendado para unidades que possuem capacidade de processamento inferior a 100 Ton/dia. Além disso, este sistema de leiras revolvidas é o mais simples e se dá geralmente ao ar livre. As leiras se caracterizam principalmente pelo baixo investimento inicial, simplicidade de operação e uso de equipamentos simples (SANTOS; MOREIRA; RIZK, 2014).

Quadro 7 – Seleção do sistema de compostagem através da pontuação de critérios pré-estabelecidos

		Leiras Revolvidas/ <i>Windrow</i>	Leiras estáticas aeradas	Reatores biológicos
Aspecto Técnico	Tamanho da área	Grande (3)	Média (2)	Pequena (1)
	Custo de implantação	Baixo (1)	Razoável (2)	Alto (3)
	Custo de funcionamento e manutenção	Baixo (1)	Razoável (2)	Alto (3)
<b>Total pontuação</b>		<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Fonte: Autora.

Reis (2005) compara os três métodos de compostagem considerando quanto maior a complexidade e o custo de implantação e funcionamento, menor será a área utilizada e melhor será a tecnologia empregada e o controle do sistema. O Sistema *Windrow* possui baixo custo de implantação, funcionamento e complexidade, porém, requer uma área maior do que os outros sistemas. Por outro lado, o Sistema de Reatores apresenta necessidade de uma menor área, todavia, possui custos elevados de implantação e funcionamento e requer maior complexidade. O Sistema de Leiras Estáticas Aeradas possui critérios medianos de custo, complexidade e área.

O Sistema *Windrow* tem seu processo facilitado através da montagem de leiras e do revolvimento realizado por equipamentos mecânicos de baixo custo. Neste sistema também pode-se controlar a temperatura e a umidade pela configuração geométrica da leira. O sistema *Windrow* é simples, no entanto é sugerido que seja implantado em regiões com cortinamento vegetal devido a emissão dos odores (REIS, 2005).

O Plano Nacional de Saneamento Básico incentiva a adoção de métodos adequados de gestão e tratamento de grandes volumes de resíduos, para que a matéria orgânica presente seja estabilizada e possa cumprir seu papel natural de ser reincorporada aos solos de forma segura, voltando ao ciclo natural da matéria. Esta reincorporação da matéria orgânica nos solos tem diversos benefícios e funções ambientais que se perdem quando os resíduos orgânicos são destinados para outros locais de disposição final (BRASIL, 2018).

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO USINA DE COMPOSTAGEM

Conforme a metodologia de dimensionamento proposta no Manual para implementação de compostagem (BRASIL, 2010), é importante ter o conhecimento do volume recebido pela Usina de Compostagem para estimar a quantidade de leiras. O dimensionamento da Usina de Compostagem com sistema *Windrow* foi realizado separadamente para cada região administrativa, uma vez que a quantidade de orgânicos produzida varia conforme a região.

Identicamente, realizou-se o dimensionamento para o sistema Estática Aerada, como uma forma de proposta viável, porém, menos favorável que o Sistema *Windrow*. Desse modo, foram obtidas as dimensões mínimas necessárias para o funcionamento de uma Usina de Compostagem considerando ambos os sistemas (Quadro 8).

Quadro 8 – Área de pátio de compostagem de acordo com a região administrativa

Região Administrativa	Área (ha)	
	Sistema <i>Windrow</i>	Sistema Estática Aerada
Centro	1,48	0,84
Norte	0,69	0,39
Nordeste	0,71	0,41
Centro-Leste	0,30	0,17
Leste	0,54	0,31
Sul	0,46	0,26
Centro-Oeste	0,55	0,31
Oeste	1,36	0,78

Fonte: Autora.

Infelizmente, no Brasil não existe normalização com intuito de orientar os profissionais que atuam na área de projeto e execução de Usinas de Compostagem. A NBR 13591/96 aborda a respeito da temática compostagem de resíduos domiciliares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996), porém, é delimitada apenas à terminologia empregada na compostagem de resíduos sólidos. Por isso, o dimensionamento baseou-se em metodologias de artigos científicos.

#### 4.4 ANÁLISE DE EXCLUSÃO

A primeira análise possuiu caráter eliminatório, na qual considerou os quatro aspectos técnicos pré-estabelecidos com intuito de descartar as áreas com características inadequadas para a implantação de uma Usina de Compostagem.

As áreas de preservação permanente são bens de interesse nacional e espaços territoriais especialmente protegidos, com a função ambiental de reservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (CONAMA, 2006). De acordo com a Lei Complementar nº 117/2018 (CÂMARA MUNICIPAL DOS VEREADORES, 2018), as áreas de conservação natural são aquelas onde podem conviver homem e ecossistemas, sem grandes impactos ou traumas ambientais, destinadas ao turismo ecológico, atividades culturais, educacionais, recreativas, de lazer e loteamentos, desde que respeitem os recursos naturais, conforme listagem a seguir. Esta legislação enumera quais são as áreas de preservação permanente e as áreas de conservação natural no município de Santa Maria e impõe a proibição da fundação de lotes nestes locais.

As áreas de riscos são aqueles locais considerados impróprios ao assentamento humano por estarem sujeitas a riscos que podem ser de origem naturais ou decorrentes da ação antrópica. As áreas foram demarcadas em ocasião do risco de alagamento, devido ao entupimento de bueiros ou assoreamento de arroios, havendo residências ao redor já prejudicadas. Outro fator de risco são áreas propícias ao deslizamento de terra de encostas.

Foram avaliadas 345 áreas públicas institucionais e 263 áreas verdes. Deste total, permaneceram, respectivamente, 20 e 18 áreas, com a possibilidade de utilização para compostagem. Com a análise, percebeu-se que o município de Santa Maria possui poucas áreas disponíveis para a instalação de Usinas. Conseqüentemente, estas áreas foram subdivididas, de acordo com suas dimensões, em dois sistemas diferentes de compostagem: Sistema *Windrow* e Sistema Estática Aerada. A quantidade de áreas, por região administrativa, pode ser verificada no Quadro 9.

Quadro 9 – Quantidade de áreas institucionais e verdes disponíveis, por região administrativa e por sistema de compostagem em Santa Maria.

Região Administrativa	Áreas Institucionais		Áreas Verdes	
	Sistema <i>Windrow</i>	Sistema Estática Aerada	Sistema <i>Windrow</i>	Sistema Estática Aerada
Norte	0	0	1	1
Nordeste	2	1	0	0
Centro-Leste	5	3	6	0
Leste	0	1	1	3
Sul	1	2	2	0
Oeste	1	2	2	2
<b>Total de áreas</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>6</b>

Fonte: Autora.

A região centro-leste foi onde mais constatou-se áreas potenciais para a instalação da Usina de Compostagem, sendo 14 áreas do total. Por outro lado, nenhuma área foi selecionada nas regiões Centro e Centro-oeste, pois, nestes casos, a maioria das áreas já possuem ocupação prévia.

Para obtenção dos dados apresentados no Quadro 9 foi realizado o dimensionamento de ambos os sistemas levando em consideração características dos resíduos orgânicos e das leiras. As dimensões das leiras e da área de cada Região Administrativa podem ser verificadas no “APENDÊNCE A – DIMENSIONAMENTO SISTEMA *WINDROW*” e “APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO SISTEMA ESTÁTICA AERADA”.

#### 4.5 SELEÇÃO DE ÁREAS

As áreas com possibilidade de implementação de Usina de Compostagem são as áreas institucionais ou as áreas verdes. A preferência é que a Usina de Compostagem seja instalada em uma área institucional devido a ser um projeto de infraestrutura. As áreas institucionais são reservadas para a implantação, pelo poder público municipal, de espaços públicos de uso comum em benefício da comunidade, como escolas e postos de saúde. Por outro lado, de acordo com o Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA nº 369/2006, considera-se área verde como "o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização" (CONAMA, 2006).

O indicador "distância em relação a residências" procura considerar maior ou menor possibilidade de haver alguma interferência (incômodo) com a população. Por isso, considera-se os critérios de distância esperada, aceitável e desfavorável. Mesmo que uma Unidade de Compostagem seja bem implementada e operada, existe a possibilidade de ocorrência de problemas operacionais conjunturais. Por isso, torna aconselhável a existência de uma distância mínima de segurança da ordem de 1 km entre a unidade de compostagem e o limite da zona urbana (BRASIL, 2010).

Além disso, outro aspecto técnico diz respeito a situação das vias de acesso, onde são considerados três critérios em relação as condições da pavimentação: pavimento em asfalto, pavimento em paralelepípedo e sem pavimentação (estrada de terra). Quanto melhor forem as condições da via de acesso à área escolhida, menores serão os gastos com combustíveis e manutenção de veículos.

Quanto ao sistema de compostagem, a preferência é que seja implementado o sistema do tipo *Windrow*, devido às suas características mais vantajosas. Porém, visto que o município possui poucas áreas à disposição, também será considerada a hipótese da seleção de área em que o sistema proposto seja do tipo Estática Aerada, se este for o caso com maior pontuação da região administrativa.

Por fim, a área deve dispor, em seu entorno, de cortinamento vegetal para controlar as emissões, odores e eventual proliferação de vetores. Na circunstância de inexistência desta barreira, deve possuir espaço suficiente para implementação do cortinamento vegetal.

Posteriormente, iniciou-se o estudo destas 36 áreas conforme os critérios de seleção do Quadro 4. De acordo com a análise das áreas e suas características, obteve-se a pontuação final através da Equação 10 (Quadro 10). No *ranking*, a preferência para instalação de Usina de

Compostagem foi a área que obteve a melhor classificação de acordo com sua região administrativa.

Quadro 10 – Classificação das áreas, por região administrativa, de acordo com a pontuação final

(continua)

Classificação	Área	Região Administrativa	Pontuação final
<b>1º</b>	<b>8</b>	<b>Centro-leste</b>	<b>33</b>
2º	6	Centro-leste	31
3º	5	Centro-leste	28
4º	4	Centro-leste	28
5º	3	Centro-leste	27
6º	7	Centro-leste	27
7º	1	Centro-leste	23
8º	21	Centro-leste	23
9º	23	Centro-leste	23
10º	20	Centro-leste	22
11º	2	Centro-leste	21
12º	24	Centro-leste	20
13º	19	Centro-leste	20
14º	22	Centro-leste	20
<b>1º</b>	<b>9</b>	<b>Leste</b>	<b>23</b>
2º	25	Leste	23
3º	26	Leste	23
4º	28	Leste	19
5º	27	Leste	18
<b>1º</b>	<b>11</b>	<b>Nordeste</b>	<b>33</b>
2º	12	Nordeste	29
3º	10	Nordeste	24
<b>1º</b>	<b>30</b>	<b>Norte</b>	<b>29</b>
2º	29	Norte	21
<b>1º</b>	<b>13</b>	<b>Oeste</b>	<b>30</b>
2º	34	Oeste	26
3º	15	Oeste	25
4º	31	Oeste	23
5º	32	Oeste	22
6º	14	Oeste	21
7º	33	Oeste	19
<b>1º</b>	<b>18</b>	<b>Sul</b>	<b>32</b>
2º	17	Sul	23
3º	35	Sul	23
4º	36	Sul	23
5º	16	Sul	20

Fonte: Autora.

Das 36 áreas potenciais para instalação da Usina de Compostagem, 18 são designadas como áreas institucionais e 18 como áreas verdes. Outro aspecto técnico analisado considerou

a distância em relação às residências nas quais apenas duas áreas obtiveram distância com mais de 30 m da vizinhança, sete áreas com distância entre 15 e 30 m e por fim, o restante das 27 áreas possuem menos de 15 m de distância de residências.

A análise também verificou as condições das vias de acesso onde, das 36 áreas, cinco apresentaram boas condições (pavimentação em asfalto), 21 apresentaram condições adequadas (pavimentação em paralelepípedo) e 10 apresentaram condições ruins (pavimentação sem asfalto). O sistema de compostagem do tipo *Windrow* foi escolhido para ser implementado em 21 áreas e as outras 15 áreas foram classificadas com o sistema Estática Aerada. Por fim, o último aspecto analisado foi o cortinamento vegetal, onde 24 áreas possuem vegetação no local e 12 áreas têm a possibilidade de implantação.

A área que obteve o primeiro lugar, dentre aquelas analisadas de uma mesma região administrativa, foi escolhida como a área com maior potencial para corresponder ao tratamento dos resíduos orgânicos da sua região. No Quadro 11 pode-se observar as características gerais das seis áreas definidas para instalação de Usina.

Quadro 11 – Características gerais das áreas selecionadas para instalação de Usina de Compostagem

UC	Região Administrativa	Designação da área	Sistema de Compostagem	Área (ha)	Coordenada Geográfica
1	Centro-leste	Área Institucional	<i>Windrow</i>	0,68	29°41'13.88"S 53°44'56.17"O
2	Sul	Área Institucional	<i>Windrow</i>	1,33	29°43'13.69"S 53°48'1.08"O
3	Leste	Área Institucional	Estática Aerada	0,35	29°42'39.93"S 53°44'12.20"O
4	Nordeste	Área Institucional	<i>Windrow</i>	4,48	29°40'47.74"S 53°47'6.81"O
5	Norte	Área verde	<i>Windrow</i>	0,88	29°40'53.30"S 53°49'41.21"O
6	Oeste	Área Institucional	Estática Aerada	1,27	29°41'2.86"S 53°50'56.41"O

Fonte: Autora.

O cenário ideal seria aquele onde todas as regiões possuíssem sua própria Usina em área institucional e afastadas de residências. Além disso, buscou-se por áreas com boas condições de vias de acesso, com tamanho suficiente, preferencialmente, para implementação do sistema *Windrow* e existência prévia de cortinamento vegetal. Infelizmente, o município de Santa Maria não possui nenhuma área institucional que contenha todos os indicadores de forma ideal e por isso a seleção foi realizada através de coeficientes de relevância e pontuações.



Em virtude dessa ausência de áreas, recomendou-se a utilização de área verde para a implementação de Usina. No caso da Região Norte, nenhuma área institucional possui tamanho suficiente para implementação dos sistemas de compostagem mais indicados. Diante disso, sugere-se a utilização de uma área verde que dispõe de tamanho hábil para o sistema *Windrow*, pavimentação em asfalto e distância aceitável de residências. Na Lei Complementar nº 117/2018 (CÂMARA MUNICIPAL DOS VEREADORES, 2018) as áreas verdes do município possuem destinação diferente de projetos de infraestrutura, porém, a compostagem concebe vantagens na esfera ambiental com a redução da emissão de gás metano, destinação adequada, reciclagem do resíduo orgânico e preservação do meio ambiente. Por um bem maior do município, neste caso, poderia haver uma exceção nesta área verde.

Da mesma forma, embora exista a preferência pelo sistema de compostagem *Windrow*, na Região Oeste e na Região Leste, o sistema mais indicado neste caso é o Estática Aerada. Na região oeste foi realizada a análise de seleção em sete áreas e foi preferível a implantação deste sistema, mesmo que com custo e complexidade maiores que o *Windrow*, devido a esta área encontrar-se em local com pavimentação em asfalto e distância aceitável de residências.

Segundo o Panorama do Saneamento Básico no Brasil, no ano de 2020, um total de 74 unidades de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem estiveram em operação em todo o país, 53 delas situadas na macrorregião Sudeste (BRASIL, 2021).

#### 4.6 PROPOSIÇÃO DE USINAS DE COMPOSTAGEM

O estudo de alternativas locais é considerado um importante instrumento de planejamento ambiental. Diversos impactos ambientais podem ser evitados ou minimizados com a escolha de um local adequado para a implantação do empreendimento (MASSUNARÍ, 2000).

Inicialmente, estimava-se oito Usinas de Compostagem para atender a demanda dos resíduos orgânicos do município, sendo uma para cada região administrativa. No entanto, a análise resultou em seis Usinas de Compostagem para diferentes regiões, uma vez que a Região Centro e a Região Centro-oeste não obtiveram nenhuma área disponível. Dessa forma, em ambos os casos, indicou-se uma das Usinas de Compostagem sugeridas, em uma região administrativa próxima, para realizar o tratamento dos resíduos destas regiões que não possuem áreas disponíveis.

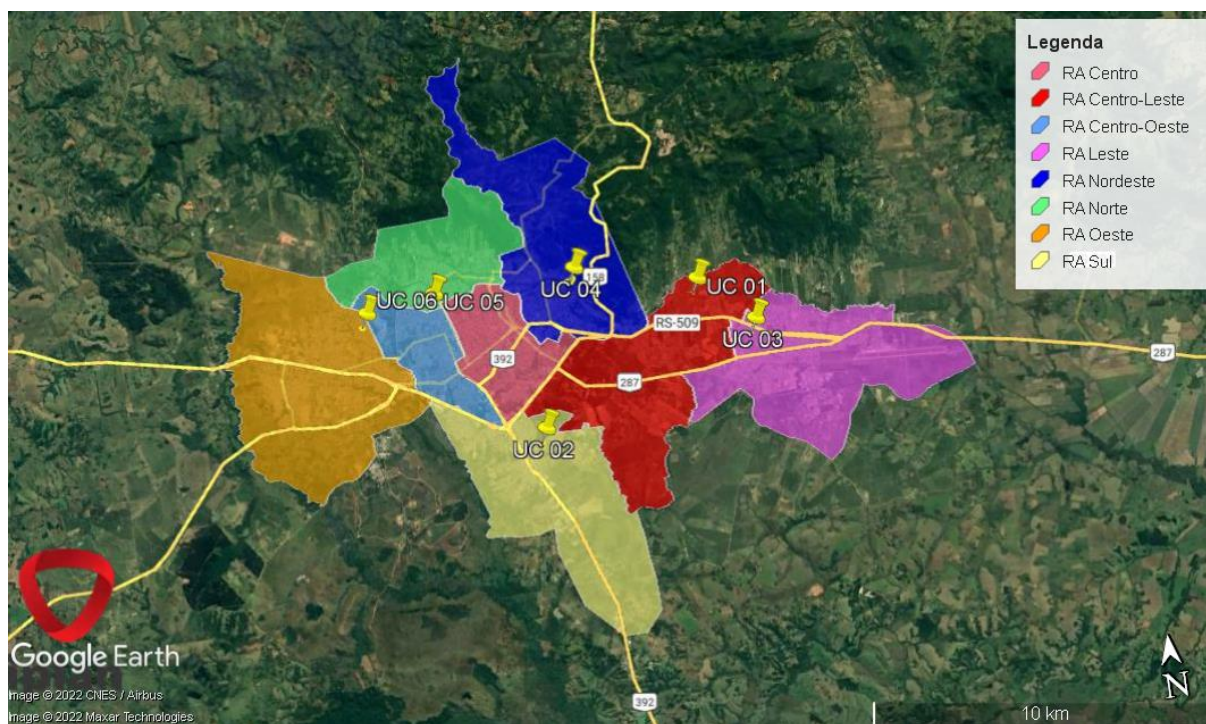
A Região Centro possui fronteira com as regiões: Centro-oeste, Centro-leste, Norte, Sul e Nordeste. Em vista disso, foi escolhida uma destas regiões para atender também os resíduos

da Região Centro, visando um menor deslocamento da geração até a destinação. Dentre as áreas selecionadas para a compostagem, a área da região Nordeste obteve maior pontuação na seleção (33 pontos) e possui tamanho necessário para atender aos resíduos da sua própria região e, além disso, também os resíduos orgânicos produzidos na Região Administrativa Centro. Portanto, essa área foi designada para o recebimento dos resíduos orgânicos das regiões Nordeste e Centro.

Igualmente, visando um menor deslocamento da geração até a destinação, foram analisadas regiões administrativas que possuem fronteira com a Região administrativa Centro-oeste. Assim, foi escolhida a Região Administrativa Sul para o recebimento dos resíduos, já que possui tamanho necessário para atender aos resíduos da sua própria região e, além disso, também os resíduos orgânicos produzidos na Região Administrativa Centro-oeste. Logo, essa área foi designada para o recebimento dos resíduos orgânicos das Regiões Administrativas Sul e Centro-oeste.

A análise resultou na proposição de seis áreas para instalação de Usina de Compostagem, com potencial para atender as oito regiões administrativas do município (Figura 6). Dessa forma, Santa Maria conseguirá atender, até 2042, a demanda de 83.613,99 kg de resíduos orgânicos por dia.

Figura 6 – Localização de todas as Usinas de compostagem propostas para o município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

A proposta da Usina de Compostagem nº 1 objetiva a instalação na Região administrativa Centro-leste, no bairro Pé-de-Plátano, na Estrada Municipal Victor Beltrame (Figura 7). A área é classificada como institucional e possui 0,68 ha, sendo suficiente para implantação do sistema *Windrow*, onde são necessários 0,34 ha. A propriedade possui um distanciamento adequado da vizinhança e prévio cortinamento vegetal, porém, dispõe de um único acesso onde não há pavimentação.

Figura 7 – Localização da Usina de Compostagem nº 1 (UC 01), bairro Pé-de-Plátano, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022)

A escolha da área para a implantação da Usina de Compostagem nº 2 pertence à Região administrativa Sul, no bairro Tomazetti, Rua 1 (Figura 8). A sugestão é que a Usina atenda a demanda de resíduos orgânicos das Regiões administrativas Sul e Centro-Oeste. A área é de 1,33 ha, sendo um tamanho suficiente para instalação do sistema *Windrow* da Região Sul (0,53 ha) e da Região Oeste (0,63 ha). A UC 02 terá capacidade para o recebimento de mais de 25 toneladas de resíduos orgânicos por dia. Esta área é classificada como institucional e possui dois acessos com pavimentação adequada, de paralelepípedo, além disso, existe prévio cortinamento vegetal e a distância das residências é aceitável.

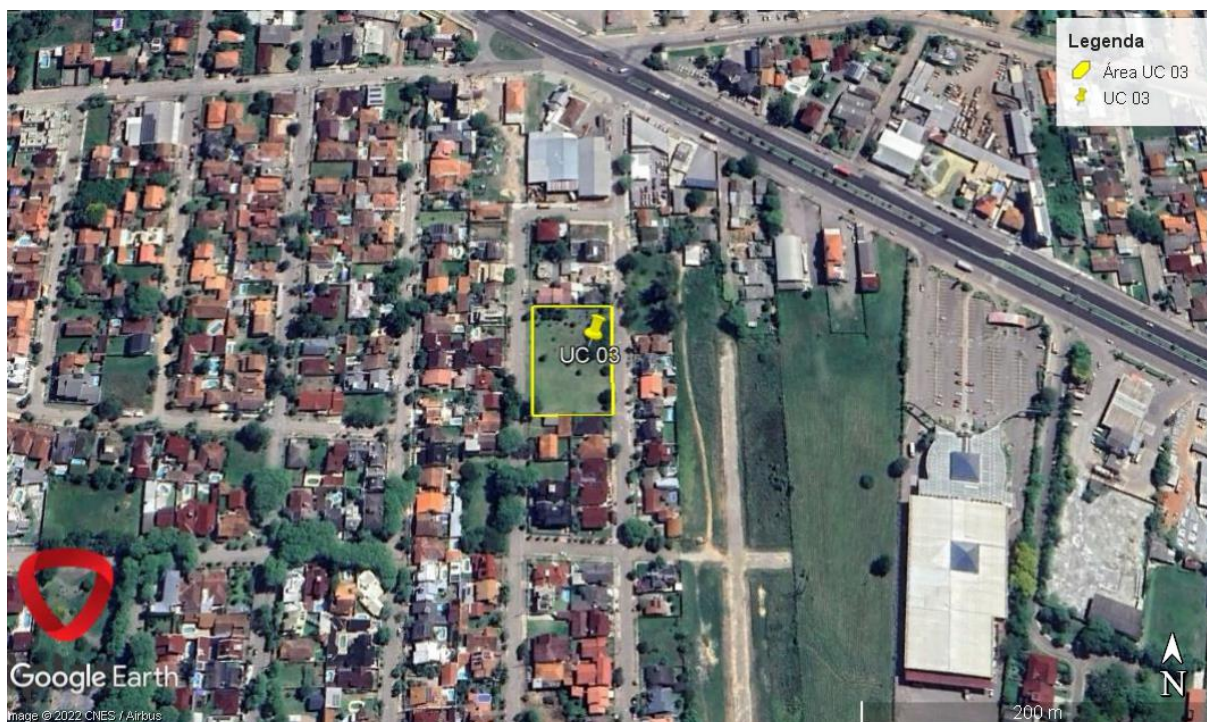
Figura 8 – Localização da Usina de Compostagem n° 2 (UC 02), bairro Tomazetti, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

A escolha da área para a implantação da Usina de Compostagem n° 3 pertence à Região Leste, no bairro Camobi, Rua Mário Quintana (Figura 9). A área é de 0,35 ha, sendo um tamanho suficiente apenas para instalação de 0,31 ha do sistema Estática Aerada. Visto que três áreas da Região Leste obtiveram a mesma pontuação final, o critério de desempate baseou-se no coeficiente de relevância, sendo o de maior importância a designação da área. Esta área é classificada como institucional, dessa forma, obteve preferência na escolha. A propriedade possui dois acessos com pavimentação adequada, de paralelepípedo, porém, o distanciamento da vizinhança é desfavorável e não possui prévio cortinamento vegetal, apenas a possibilidade de implantação.

Figura 9 – Localização da Usina de Compostagem nº 3 (UC 03), bairro Camobi, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

Dentre as áreas selecionadas, a propriedade da Região administrativa Nordeste é a que possui a maior área (4,48 ha) e, conseqüentemente, pode-se implantar o sistema *Windrow*. Com vistas nisso, a sugestão é que seja implementada a Usina de Compostagem nº 4 com intuito de atender a demanda de resíduos orgânicos das Regiões administrativas Nordeste e Centro.

Esta área é institucional e situa-se no bairro Presidente João Goulart, na Rua Armando Ceccin (Figura 10) e terá capacidade para o recebimento de mais de 30 toneladas de resíduos orgânicos por dia. Essa área possui mais do que 50 m de distância de uma residência e existência prévia de cortinamento vegetal. Além disso, a área faz divisa com outra área institucional, sendo possível, em caso de necessidade ou alteração de projeto, a expansão do terreno.

Figura 10 – Localização da Usina de Compostagem nº 4 (UC 04), bairro Presidente João Goulart, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

Para atender os resíduos da Região administrativa Norte, sugere-se a instalação da Usina de Compostagem nº 5, no bairro Divina Providência, Avenida Liberdade (Figura 11). A propriedade é classificada como área verde (0,88 ha) e possui o tamanho necessário para implantação do sistema *Windrow* (0,78 ha). Como vantagens, o acesso à área contém pavimentação de asfalto e a distância em relação às residências é aceitável. Não existe cortinamento vegetal no local, mas é possível a implementação.

Figura 11 – Localização da Usina de Compostagem nº 5 (UC 05), bairro Divina Providência, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

A proposta da Usina de Compostagem nº 6 objetiva instalação na Região administrativa Oeste, no bairro Nova Santa Marta, Avenida São Marcelino Champagnat (Figura 12). A área é classificada como institucional e possui 1,27 ha, sendo suficiente para implantação do sistema Estática Aerada, onde são necessários 0,78 ha. Para a UC 06 foi realizada esta proposta de sistema de compostagem, uma vez que não existem áreas nessa região com possibilidade de implantação do Sistema *Windrow*. A propriedade possui um distanciamento aceitável da vizinhança e dispõe de pavimentação em asfalto, porém, não possui cortinamento vegetal no local, apenas a possibilidade de implantação.

Figura 12 – Localização da Usina de Compostagem nº 6 (UC 06), bairro Nova Santa Marta, município de Santa Maria, RS.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

Existem algumas dificuldades na implementação de Usinas de Compostagem visto que necessitam de uma separação eficiente de resíduos e um tempo de processamento demorado. Além disso, quando mal operada, os líquidos e gases gerados podem contaminar o meio ambiente e comprometer a qualidade de vida. Em relação à parte econômica, a coleta da fração orgânica dos RSU é diferenciada, podendo haver custos altos e, além disso, necessita de mercado para revender o composto (BNDES, 2014). A partir destes fundamentos é que diversos municípios optam por não investir em Usinas de Compostagem e continuam a destinar seus resíduos aos Aterros Sanitários.

Todavia, é notória a necessidade de uma visão dos resíduos orgânicos como uma forma de reincorporação da matéria orgânica nos solos acarretando benefícios e funções ambientais. A valorização dos resíduos orgânicos consiste na adoção de tratamentos que estimulem os processos naturais de decomposição de forma controlada a fim de promover a reciclagem destes resíduos de forma segura para a saúde humana e o meio ambiente (BRASIL, 2018).

Mesmo que as Usinas não estejam produzindo compostos de alta qualidade, a retirada destes materiais da rota tradicional de descarte já pode ser considerada um benefício extremamente vantajoso para o meio ambiente. Nesse caso, a produção de compostos se torna



um benefício extra ao processo que contribui com a maior sustentabilidade do sistema (BARREIRA; PHILIPPI; RODRIGUES, 2006).

É essencial que políticas de redução, reciclagem e valorização dos orgânicos sejam estimuladas, principalmente para ampliar a vida útil dos aterros, haja vista a redução do envio dos resíduos orgânicos para estas unidades. As experiências de compostagem têm resultado em ganhos qualitativos na gestão dos resíduos orgânicos, por meio do tratamento em diferentes escalas. Por fim, a gestão diferenciada dos resíduos orgânicos se mostra como uma quebra de paradigma de grande oportunidade de mercado, redução de emissões, fortalecimento de cadeias locais e acima de tudo, de promoção de uma melhoria significativa da gestão de resíduos sólidos urbanos no país que impacta positivamente e diretamente na saúde pública e na qualidade de vida nas cidades (BRASIL, 2018).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo propôs áreas públicas para a construção de Usina de Compostagem. Acerca dos resultados obtidos, verificou-se que apesar de o município possuir 608 áreas disponíveis, apenas 36 têm algum potencial para instalação de Usina de Compostagem.

A estimativa da geração de resíduos orgânicos para o município é de 83.614 kg/dia, sendo esta quantidade dividida nas Usinas de suas respectivas regiões administrativas. Esta estimativa considerou a adesão de 60% da população, até o ano de 2042.

Considerando os aspectos de custo de implantação e manutenção, tamanho de área e complexidade de funcionamento, o sistema mais indicado para implantação no município é o Sistema *Windrow*. Em todas as análises foi dada a preferência por este sistema, porém, no caso de inviabilidade por tamanho de área, o sistema foi substituído pelo Sistema Estática Aerada, sendo também um projeto bastante adotado em municípios devido a utilização de áreas menores.

Para uma área ser considerada apta para a instalação de Usina de Compostagem, este local não deve apresentar características que inviabilizem sua utilização, como estar presente em área de risco, área de preservação permanente, área de conservação natural ou estar previamente ocupada. Essas quatro características observadas na análise de exclusão, reduziram o número de áreas obtidas como viáveis de instalação. Inclusive, com isso, as Regiões administrativas Centro e Centro-oeste não obtiveram nenhuma área com possibilidade de implantação.

A seleção das áreas foi realizada através de um *ranking* que considerou a designação da área, a distância em relação a residências, vias de acesso, sistemas de compostagem e cortinamento vegetal. Dessa forma, o estudo propôs a implantação de seis Usinas de Compostagem para atender a geração de resíduos orgânicos, de 60% da população, até 2042.

Por meio da implantação de Usinas de Compostagem, o município demonstra preocupação com a questão ambiental. Atualmente, Santa Maria está desperdiçando a oportunidade de avançar na questão da destinação de resíduos, perdendo todos os aspectos positivos que a prática promove. O município encontra-se insuficiente no tratamento de resíduos orgânicos até que novas alternativas de destinação de resíduos sejam implementadas.

Uma Usina de Compostagem concebe oportunidade de trabalho e renda, uma vez que há necessidade de colaboradores na coleta e transporte de resíduos e suporte operacional e técnico nos processos de compostagem. Do mesmo modo que gera uma nova atividade

econômica através da comercialização do composto, um produto com alto potencial de comercialização e arrecadação de capital para o município.

Por fim, recomenda-se a realização de estudo complementar, buscando a viabilidade econômica e atentando-se para os custos de instalação e funcionamento destas Usinas de Compostagem.

## REFERÊNCIAS

- ASSANDRI, D. et al. Suitability of composting process for the disposal and valorization of brewer's spent grain. **Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 2, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/1/2/htm>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: ABRELPE, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 7 jun. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: ABRELPE, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 27 abr. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591: Compostagem Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ALMEIDA, P.; SILVEIRA, A.; MIGUEL, A. F. Applicability of the Forchheimer equation for forced-aeration windrow composting: variation of airflow characteristics with humidity and volatile solids. **Fluid Mechanics Research**, v. 39, p.149-159, 2012.
- AQUINO, A. M; OLIVEIRA, A. M; LOUREIRO, D. C. **Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. [Seropédica]: Embrapa Agrobiologia, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/596884/integrando-compostagem-e-vermicompostagem-na-reciclagem-de-residuos-organicos-domesticos>. Acesso em: 1 ago. 2021.
- ARAÚJO, A. R. A de; AQUINO, C. B.; MEDEIROS, D. A. de; MOURA, H. R. de; MILITAO, I. M. Dimensionamento de um biodigestor rural para o assentamento Trangola. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DOS ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS, 5.*, 2018, Natal. **Anais [...]**. Natal: ESF, 2018, p. 1-8. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-f8e6448d88720a83ed537aecc6140122936f20a1-arquivo.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- ARAÚJO, E. C. G.; DAS CHAGAS, K. P. T.; LINS, T. R. S; CHAVES, L. F. C. **Compostagem: Guia prático de revisão e produção**. Maringá: Uniedusul, 2020.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes: UFPE, 2014. Disponível em: <http://protegeer.gov.br/images/documents/50/7.%20BNDES,%202014.pdf> . Acesso em 20 jun. 2022.
- BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 385-393, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/wgpsZMg3xhv3SKkzpNBHwPd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **O papel da compostagem de resíduos orgânicos urbanos na mitigação de emissões de metano.** Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98028/1/Dinamica-O2-leiras-compostagem-1.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros curriculares nacionais: Meio ambiente.** Brasília, DF, 1997. 128 p. Disponível em:  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/meioambiente.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Termo de referência técnico.** Brasília, DF, 2010. Disponível em:  
[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/12\\_TRProjRSUUnidade\\_Compostagem2010\\_2011.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/12_TRProjRSUUnidade_Compostagem2010_2011.pdf). Acesso em: 25 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil.** Brasília, DF, 2021. Disponível em:  
[http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA\\_DO\\_SANEAMENTO\\_BASICO\\_NO\\_BRASIL\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 25 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico: Valorização de resíduos orgânicos.** Brasília, DF, 2018. Disponível em:  
[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab/4-CadernotematicoValorizacaodeResiduosOrganicos.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/4-CadernotematicoValorizacaodeResiduosOrganicos.pdf). Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos: Manual de orientação.** Brasília, DF, 2018. Disponível em:  
[https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem\\_Manual\\_2018\\_11\\_26\\_digital\\_figuras\\_c\\_titulo.pdf](https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem_Manual_2018_11_26_digital_figuras_c_titulo.pdf). Acesso em: 9 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos.** Brasília, DF, 2010. Disponível em:  
[http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/312\\_ext\\_arquivo.pdf](http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/312_ext_arquivo.pdf). Acesso em: 28 jun. 2022.

BÜTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC.** 2004. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87760/204218.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 ago. 2021.

CÂMARA MUNICIPAL DOS VEREADORES. **Lei Complementar nº 117, de 26 de julho de 2018.** Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e

Sistema Viário do Município de Santa Maria. Santa Maria: Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA N° 369, de 28 de março de 2006.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, [2016].

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA N° 481, de 03 de outubro de 2017.** Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, [2017].

COPETTI, G. **Projeto de pátio de compostagem com vista à valorização de resíduos sólidos orgânicos.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/124877>. Acesso em: 23 ago. 2021.

COUTINHO, M. L. **Revisão da Literatura:** fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, impactos em aterros sanitários e compostagem como solução. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC-Final-corrigido-Marcela-Luz-Coutinho.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2021.

DAL BOSCO, T. C. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos:** resultados de pesquisas acadêmicas. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2017.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 956-961, 2011.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Characterization of Municipal Solid Waste in the United States:** 1994 Update. United States: US Environmental Protection Agency, Solid Waste and Emergency Response, 1994.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de bio-sólidos.** PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES. 1999.

FERRÃO, G. E.; PIRES, I. C. G. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2017.

FLORIANÓPOLIS. **Compostagem comunitária:** Um guia completo sobre a valorização e gestão de resíduos. Florianópolis, 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Biblioteca Digital**. Porto Alegre, 2021. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET\\_TEC\\_07\\_2021.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET_TEC_07_2021.PDF). Acesso em: 3 ago. 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Diretriz técnica para as atividades de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Porto Alegre, 2021. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases\\_geo.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp). Acesso em: 1 ago. 2021.

GIOVANNONI, M. P.; ARCHANGELO, V. S. **Estudo de um Anteprojeto de MDL para Valoração Ambiental da Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Município do Guarujá (SP)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/6380>. Acesso em: 9 ago. 2021.

INÁCIO, C. de T.; BETTIO, D. B.; MILLER, P. R. M. **O papel da compostagem de resíduos orgânicos urbanos na mitigação de emissão de metano**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 22 p. (Documentos 127).

INÁCIO, C. T. MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2020**. Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/panorama>. Acesso em: 2 ago. 2021.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE SANTA MARIA. **Plano Municipal de Saneamento Ambiental**. Santa Maria, 2014. Disponível em: [http://iplan.santamaria.rs.gov.br/lista\\_saneamento.php](http://iplan.santamaria.rs.gov.br/lista_saneamento.php). Acesso em: 4 ago. 2021.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: [s. n.], 2002. 171p.

LINO, I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos**. 2007. 85 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92745>. Acesso em: 9 ago. 2021.

MARIN, V. **Produção de resíduos sólidos e perspectivas para implantação de usina de compostagem em Veranópolis-RS**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,

2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/32766>. Acesso em: 30 jul. 2021.

MASSUNARÍ, I. S. Pesquisa e seleção de áreas para aterro sanitário. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v. 54, p. 21-23, 2000. Disponível em: [http://www.ablp.org.br/acervoPDF/03\\_LP54.pdf](http://www.ablp.org.br/acervoPDF/03_LP54.pdf). Acesso em: 30 jul. 2021.

MATGE, P. R. O descaminho do lixo na cidade. **Diário de Santa Maria**, Santa Maria, ano 21, n. 6.226, p. 27-32, 23 e 24 jul. 2022.

MELO, C. X.; DUARTE, S. T. Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n10/v05n10a21.html>. Acesso em: 8 ago. 2021.

NASCIMENTO, C.R. **Sistema de tratamento aeróbio descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no Bairro Malvinas, Campina Grande-PB**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência de Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2015.

OLIVEIRA, E. C. A. de; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Piracicaba: Universidade Federal de São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. 1. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. Disponível em: [https://www.projetovidanocampo.com.br/downloads/Uso\\_da\\_Compostagem\\_em\\_Sistemas\\_Agricolas\\_Organicos.pdf](https://www.projetovidanocampo.com.br/downloads/Uso_da_Compostagem_em_Sistemas_Agricolas_Organicos.pdf). Acesso em: 7 ago. 2021.

PAULA, L. G.; CEZAR, V. Compostagem de resíduos orgânicos da área verde do campus Marechal Deodoro–IFAL em função do número de revolvimentos. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. [s.l.] v. 8, n. 4, 2011.

POLZER, V. R. Compostagem: uma necessidade dos centros urbanos. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 124-136, 2016.

POLZER, V. R.; PISANI, M. A. J. Gestão de resíduos sólidos urbanos em Vancouver. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2., 2013, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Uninove, 2014. p. 1-16. Disponível em: <http://repositorio.uninove.br/xmlui/handle/123456789/613>. Acesso em: 22 ago. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (2015-2034)**. Porto Alegre, RS: Secretaria do Estado do Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos>. Acesso em: 5 ago. 2021.

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.



RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu, p. 63-94, 2006.

SANTOS, P. R.; MOREIRA, M. F.; RIZK, M. C. Comparação entre os processos de compostagem convencional e mecanizada no tratamento de resíduos de rumen bovino. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**. [s.l.], n. 33, p. 1-12, 2014.

SANTOS, R. C.; CAMPOS, J. F.; PINHEIRO, C. D.; TOLON, Y. B.; SOUZA, S. R. L. de; BARACHO, M.; CARMO, E. L. do. Usinas de Compostagem de Lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano. **Enciclopédia Biosfera**, [s.l.], n. 2, 2006. ISSN 1809-0583. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marta-Baracho/publication/228453981\\_Usinas\\_de\\_Compostagem\\_de\\_Lixo\\_como\\_alternativa\\_viavel\\_a\\_problemativa\\_dos\\_lixoes\\_no\\_meio\\_urbano/links/54188eb10cf203f155adb159/Usinas-de-Compostagem-de-Lixo-como-alternativa-viavel-a-problemativa-dos-lixoes-no-meio-urbano.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marta-Baracho/publication/228453981_Usinas_de_Compostagem_de_Lixo_como_alternativa_viavel_a_problemativa_dos_lixoes_no_meio_urbano/links/54188eb10cf203f155adb159/Usinas-de-Compostagem-de-Lixo-como-alternativa-viavel-a-problemativa-dos-lixoes-no-meio-urbano.pdf). Acesso em: 1 ago. 2021.

SERAFIM, A. C.; GUSSAKOV, K. C.; SILVA, F.; CONEGLIAN, C. M. R.; BRITO, N. N.; SOBRINHO, G. D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos. *In*: III FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 2003, Rio Claro. **Anais [...]**. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica, 2003. p. 6-7. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Chorume-impactos-ambientais-e-possibilidades-de-tratamento.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SILVA, B. M.; RANZI, B.D.; OROFI, 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, M. M. P.; SOARES, L. M. P.; RIBEIRO, V. V.; OLIVEIRA, S. C. A.; OLIVEIRA, A. G. Avaliação da qualidade de composto originado de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares para Campina Grande-PB. *In*: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2011, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: FIERGS, 2011.

SILVA, R. L. M.; DUARTE, J. V. N.; ANSELMO, M. da G. V. Fatores intervenientes no processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 5., 2017, João Pessoa/PB. **Anais [...]**. João Pessoa: Universidade Estadual da Paraíba, 2017. p. 1586-1593.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Mapa de Indicadores de Resíduos Sólidos. **Resíduos Sólidos**. 2019. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/residuos\\_solidos/mapa-indicadores](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/residuos_solidos/mapa-indicadores). Acesso em: 21 ago. 2021.

SIQUEIRA, T. M. O. de; ABREU, M. J. Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 38-43, 2016. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252016000400013&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252016000400013&script=sci_arttext&tlng=es). Acesso em: 4 ago. 2021.

SULLIVAN, D. Zero Waste on San Francisco's Horizon. **Biocycle**, v. 52, n. 7, p. 28-32, 2011. Disponível em: [http://www.mauriziomelandri.it/documenti/pdf/BioCycle\\_Article\\_7-11.pdf](http://www.mauriziomelandri.it/documenti/pdf/BioCycle_Article_7-11.pdf). Acesso em: 23 ago. 2021.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F. de; FURLAN JÚNIOR, J. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. **Circular técnica**, Belém, v. 33, 2004. ISSN 1517-211X. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407137/1/Circ.tec.33.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

VAILATI, J. Agricultura alternativa e comercialização de produtos naturais. **Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural**, Botucatu, SP, 1998.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM Jr, B. DE S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. DE O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 4, p 59-85, 2009. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/5074>. Acesso em: 19 jun. 2021.

VELASQUES, F.; BISPO, E. R.; MELO JUNIOR, M. M. de; SANTOS, J. P. P. dos; CONCEIÇÃO, J. C; PIRES, M. R. Usinas de triagem, compostagem e tratamento de chorume: uma opção econômica e sustentável. **Revista Augustus**, v. 20, n. 39, p. 65-75, 2015. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/07/Usinas-de-triagem-compostagem-e-tratamento-de-chorume-uma-op%C3%A7%C3%A3o-econ%C3%B4mica-e-sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2021.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2014. 472p.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 219-228, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181376>. Acesso em: 8 ago. 2021.

ZAMBON, M. M. **Alternativas para a gestão dos resíduos orgânicos urbanos: um estudo de caso na cidade de Florianópolis**. 2017. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/181243/348713.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O. SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/kgCM4D8ZwrFVc4DQMj6K3fv/?lang=pt>. Acesso em: 2 ago. 2021.

## APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO SISTEMA WINDROW

REGIÃO CENTRO			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	20287,33	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	40,57	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	40,57	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	9,02	m
Área da base	Ab	54,10	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	4868,96	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	54,10	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	54,10	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	12983,8911	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	16879,0584	m <sup>2</sup>
		1,69	ha

REGIÃO NORTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	9432,93	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	18,87	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	18,87	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	4,19	m
Área da base	Ab	25,15	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	2263,90	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	25,15	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	25,15	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	6037,08	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	7848,20	m <sup>2</sup>
		0,78	ha

REGIÃO NORDESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	9776,93	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	19,55	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	19,55	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	4,35	m
Área da base	Ab	26,07	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	2346,46	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	26,07	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	26,07	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	6257,24	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	8134,41	m <sup>2</sup>
		0,81	ha

REGIÃO CENTRO-LESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	4130,74	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	8,26	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	8,26	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	1,84	m
Área da base	Ab	11,02	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	991,38	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	11,02	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	11,02	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	2643,677	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	3436,78	m <sup>2</sup>
		0,34	ha

REGIÃO LESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	7403,18	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	14,81	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	14,81	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	3,29	m
Área da base	Ab	19,74	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1776,76	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	19,74	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	19,74	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	4738,035	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	6159,445	m <sup>2</sup>
		0,62	ha

REGIÃO SUL			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	6313,84	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	12,63	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	12,63	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	2,81	m
Área da base	Ab	16,84	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1515,32	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Aleira	16,84	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	16,84	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	4040,856	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	5253,113	m <sup>2</sup>
		0,53	ha

<b>REGIÃO CENTRO-OESTE</b>			
<b>Resíduos orgânicos</b>			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	7565,00	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	15,13	m <sup>3</sup>
<b>Leira formato triangular</b>			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	15,13	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	3,36	m
Área da base	Ab	20,17	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1815,60	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
<b>Áreas</b>			
Área superficial de uma leira	Aleira	20,17	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	20,17	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	4841,602	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	6294,082	m <sup>2</sup>
		0,63	ha

<b>REGIÃO OESTE</b>			
<b>Resíduos orgânicos</b>			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	18704,04	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	37,41	m <sup>3</sup>
<b>Leira formato triangular</b>			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	37,41	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	8,31	m
Área da base	Ab	49,88	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	4488,97	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
<b>Áreas</b>			
Área superficial de uma leira	Aleira	49,88	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	49,88	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	11970,58	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	15561,76	m <sup>2</sup>
		1,56	ha

## APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO SISTEMA ESTÁTICA AERADA

REGIÃO CENTRO			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	20287,33	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	40,57	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	40,57	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	9,02	m
Área da base	Ab	54,10	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	4868,96	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	54,10	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	54,10	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	6491,946	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	8439,529	m <sup>2</sup>
		0,84	ha

REGIÃO NORTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	9432,93	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	18,87	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	18,87	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	4,19	m
Área da base	Ab	25,15	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	2263,90	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	25,15	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	25,15	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	3018,54	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	3924,10	m <sup>2</sup>
		0,39	ha

REGIÃO NORDESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	9776,93	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	19,55	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	19,55	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	4,35	m
Área da base	Ab	26,07	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	2346,46	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	26,07	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	26,07	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	3128,62	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	4067,20	m <sup>2</sup>
		0,41	ha

REGIÃO CENTRO-LESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	4130,74	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	8,26	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	8,26	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	1,84	m
Área da base	Ab	11,02	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	991,38	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	11,02	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	11,02	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	1321,838	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	1718,39	m <sup>2</sup>
		0,17	ha

REGIÃO LESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	7403,18	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	14,81	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	14,81	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	3,29	m
Área da base	Ab	19,74	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1776,76	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	19,74	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	19,74	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	2369,017	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	3079,723	m <sup>2</sup>
		0,31	ha

REGIÃO SUL			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	6313,84	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	12,63	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	12,63	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	2,81	m
Área da base	Ab	16,84	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1515,32	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	16,84	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	16,84	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	2020,428	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	2626,556	m <sup>2</sup>
		0,26	ha

REGIÃO CENTRO-OESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	7565,00	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	15,13	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	15,13	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	3,36	m
Área da base	Ab	20,17	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	1815,60	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	20,17	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	20,17	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	2420,801	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	3147,041	m <sup>2</sup>
		0,31	ha

REGIÃO OESTE			
Resíduos orgânicos			
Massa dos resíduos orgânicos recebidos	Morg	18704,04	kg
Peso específico dos resíduos compostáveis	Pe	500	kg/m <sup>3</sup>
Volume de resíduos por dia	V	37,41	m <sup>3</sup>
Leira formato triangular			
Largura da leira	b	6	m
Altura da leira	h	1,50	m
Área da seção reta (transversal)	As	4,5	m <sup>2</sup>
Volume de resíduos orgânicos recebidos no dia	Vorg	37,41	m <sup>3</sup>
Comprimento da leira	L	8,31	m
Área da base	Ab	49,88	m
Quantidade de leiras por dia	Nleiras	1	leira
Tempo de compostagem	t	120	dias
Volume no período de compostagem	V	4488,97	m <sup>3</sup>
Quantidade de leiras simultaneas	Qsim	120	leiras
Áreas			
Área superficial de uma leira	Asup	49,88	m <sup>2</sup>
Área de reviramento	Arev	49,88	m <sup>2</sup>
Área útil do pátio de compostagem	Au	5985,292	m <sup>2</sup>
Área total sistema	At	7780,879	m <sup>2</sup>
		0,78	ha