

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ELÉTRICA

Mateus Lamin

Localização de centro de triagem de recicláveis secos de uma associação de municípios: o caso da GRANFPOLIS

Florianópolis

2023

Mateus Lamin

Localização de centro de triagem de recicláveis secos de uma associação de municípios: o caso da GRANFPOLIS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de graduação em Engenharia de Produção Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista com habilitação em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Monica Maria Mendes Luna, Dra.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lamin, Mateus

Localização de centro de triagem de recicláveis secos de uma associação de municípios: o caso da GRANFPOLIS. / Mateus Lamin ; orientadora, Monica Maria Mendes Luna, 2023.
71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, Florianópolis,
2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Elétrica. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Localização de instalações. 4. Associação de municípios. I. Luna, Monica Maria Mendes. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Elétrica. III. Título.

Mateus Lamin

Localização de centro de triagem de recicláveis secos de uma associação de municípios: o caso da GRANFPOLIS.

Florianópolis, 28 de junho de 2023.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta dos seguintes membros

Profa. Monica Maria Mendes Luna, Dra.
Orientadora

Prof.(a) Carlos Ernani Fries, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Wilson Cancian Lopes, Eng.
Associação GRANFPOLIS

Certifico que esta é a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo autor e julgado adequado por mim e pelos demais membros da banca para obtenção do título de Engenheiro Eletricista com habilitação em Engenharia de Produção.

Profa. Monica Maria Mendes Luna, Dra.
Orientadora

Este trabalho é dedicado aos meus pais,
que sempre me apoiaram e me incentivaram a conquistar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Tive a sorte de ao longo da minha graduação – e da minha vida, até então – de estar rodeado de pessoas especiais, por isso, essa seção de agradecimentos torna-se até pequena.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Sérgio e Adriana, que não mediram esforços a me apoiar ao longo de toda a minha vida, especialmente no que diz respeito à minha educação. A minha educação foi sempre uma prioridade para eles, e hoje compartilho da opinião que com uma boa educação, é possível alcançar qualquer outro objetivo. Muito obrigado por me ensinarem isso, e por darem todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui.

Também gostaria de agradecer à Profa. Dra. Monica Maria Mendes Luna, com quem tive o prazer de ter aulas no início da minha graduação, e tive o prazer de ser orientado em meu último projeto do curso, este trabalho de conclusão. É nítida sua paixão por sua profissão, é inspirador. Obrigado por todo o apoio ao longo desse trabalho, tenho certeza de que sem sua orientação, seu apoio na definição do escopo do trabalho, suas correções e sua disponibilidade a qualquer horário para me atender eu não conseguiria ter finalizado essa monografia.

Durante a minha graduação tive a oportunidade de ouro de ingressar no grupo PET Engenharia de Produção – oportunidade essa concedida pela Profa. Mirna de Borba e pelo Prof. Antonio Cezar Bornia, a quem devo eterna gratidão. A experiência no PET foi única. Lá, amadureci como profissional, como pessoa e como cidadão. E fiz amigos, muitos amigos. Amigos para a vida, que me apoiaram sempre e foram fundamentais para essa conquista. Amigos que vieram para somar a outros, que já faziam parte da minha vida a mais tempo e nunca deixaram de me apoiar na conquista dos meus objetivos.

Gostaria de agradecer também à AQTech Power Prognostics, empresa onde trabalho há quatro anos, por abrirem as portas para mim e contribuírem para minha formação profissional, e por todo o apoio concedido ao longo dessa jornada dupla, como graduando e funcionário.

Em conclusão, agradeço à GRANFPOLIS por todo o apoio ao longo do desenvolvimento desse projeto de pesquisa, tenho certeza de que a parceria entre a associação de municípios e a Universidade pode render frutos muito positivos para nossas cidades.

RESUMO

Por conta do grande aumento na geração de resíduos sólidos na sociedade contemporânea, iniciativas como a Política Nacional dos Resíduos Sólidos vêm surgindo ao redor do mundo para incentivar a adoção de cada vez mais ações relacionadas à Logística Reversa, com o objetivo de aumentar a taxa de aproveitamento desses resíduos. A inserção de centros de triagem de resíduos sólidos em uma rede logística pode trazer benefícios aos processos de reciclagem, além de contribuir para a viabilidade econômica da recuperação de materiais, especialmente se aplicada no contexto de uma associação de municípios. Portanto, o objetivo desse estudo é a definição de uma localização para um centro de triagem de recicláveis secos para os municípios que formam a Associação dos Municípios da Grande Florianópolis (GRANFPOLIS). Foi utilizado o método do centroide para a definição da localização, o que exigiu uma coleta e análise de dados prévia à sua aplicação, para a definição dos parâmetros a serem utilizados no método. A coleta e análise dos dados foi feita a partir de fontes como bancos de dados oficiais, relatórios setoriais e entrevistas com especialistas da área. Uma vez os parâmetros definidos, foi aplicado o método do centroide com o apoio do Microsoft Excel como ferramenta. Foi encontrada a localização ideal para o centro de triagem na região, resultado que foi posteriormente analisado e discutido.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos; Localização de instalações; associação de municípios.

ABSTRACT

Due to the significant increase in solid waste generation in contemporary society, initiatives like the National Policy on Solid Waste have been emerging worldwide to encourage the adoption of more actions related to Reverse Logistics, with the main goal of increasing the waste recovery rate. The implementation of solid waste sorting centers into a logistics network can bring benefits to recycling processes and contribute to the economic viability of material recovery, especially when applied within the context of a municipal association. Therefore, the objective of this study is to define a location for a solid waste sorting center for the municipalities that form the Association of Municipalities of Greater Florianópolis Area (GRANFPOLIS). The Centroid Method was used for defining the location, which required data collection and analysis prior to its application to determine the parameters to be used in the method. Data collection and analysis were carried out using sources such as official databases, sector reports, and interviews with experts in the field. Once the parameters were defined, the centroid method was applied with the support of Microsoft Excel as a tool. The ideal location for the sorting center in the region was found, and the results were subsequently analyzed and discussed.

Keywords: Urban solid waste; Facilities location; Municipal association.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição gravimétrica nacional.....	21
Figura 2 – Fluxograma genérico da cadeia produtiva reversa de pós-consumo na região da grande Florianópolis.....	22
Figura 3 – Gravimetria dos materiais recuperados pelos programas de logística reversa de embalagens no ano de 2022 (t/ano e %).....	23
Figura 4 – Representação esquemática da cadeia de suprimentos do papel para embalagem.	24
Figura 5 - Processo em um CT.....	26
Figura 6 - Etapas da Pesquisa.....	31
Figura 7 – Geração de resíduos sólidos urbanos nos municípios da GRANFPOLIS	35
Figura 8 – As empresas de gestão de resíduos na região estudada.....	39
Figura 9 – Distribuição de aparistas de papel no Brasil.....	40
Figura 10 – Distribuição de aparistas de papel no Brasil.....	41
Figura 11 – Foto do depósito da Almeida Ambiental.	42
Figura 12 – Distribuição de comerciantes de resíduos e sucatas metálicos no sul do Brasil.....	43
Figura 13 – Distribuição de comerciantes de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto papel e papelão no sul do Brasil.....	44
Figura 14 – Distribuição das fábricas de papel no Brasil.....	46
Figura 15 – Desenho esquemático da cadeia de logística reversa considerada no modelo.....	50
Figura 16 – Localização do centro de triagem.....	52
Figura 17 – Destaque da rodovia SC-281 (em preto) na região de localização do centro de triagem.....	54
Figura 18 – Distribuição dos PEVs de vidro na região da Grande Florianópolis.	55
Figura 19 – Localização dos aparistas de papel e a indústria de papel.....	57
Figura 20 – Destaque das empresas gerenciadoras de resíduos metálicos no estado de Santa Catarina.....	58
Figura 21 – Polos econômicos de Santa Catarina.....	58
Figura 22 – Origens, volumes e custos para o método do centroide.....	65

Figura 23 – Destinos, volumes e custos para o método do centroide.	65
Figura 24 – Cálculos realizados na aplicação do método do centroide.	66
Figura 25 – Cálculos realizados na aplicação do método do centroide.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Formas de classificar os métodos de localização.....	27
Quadro 2 – Classes de atividades econômicas associadas às empresas de gestão de resíduos.....	38
Quadro 3 – Subclasse de atividade econômica associada aos recicladores.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de RSU gerados e recuperados no Brasil em 2022.	20
Tabela 2 – Massa total de resíduos sólidos urbanos coletados e custos com coleta nos municípios da Grande Florianópolis em 2021.	34
Tabela 3 – Quantidade de resíduos recuperados (em toneladas) por cidade na Grande Florianópolis em 2021.	36
Tabela 4 – Quantidade de resíduos recuperados na Grande Florianópolis em 2021.	37
Tabela 5 – Quantidade de postos de trabalho em empresas de gestão de resíduos na região da Grande Florianópolis.....	38
Tabela 6 – Coordenadas X e Y das cidades da Grande Florianópolis.	47
Tabela 7 – Coordenadas X e Y dos destinos.....	48
Tabela 8 – Volume de resíduos nas origens do problema de localização. ...	49
Tabela 9 – Volume de resíduos nos destinos do problema de localização. .	50
Tabela 10 – Coordenadas X e Y de cada iteração do método do centroide.	51
Tabela 11 – Coordenadas X, Y, Latitude e Longitude da localização sugerida para o centro de triagem de acordo com o método do centroide.	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANAP	Associação Nacional dos Aparistas de Papel
CIM	Consórcio Intermunicipal Multifinalitário
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CT	Centro de Triagem
IBÁ	Instituto Brasileiro de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PEV	Ponto de Entrega Voluntário
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO.....	17
1.3	ESTRUTURA	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	19
2.1.1	A revalorização dos resíduos	21
2.2	ASSOCIAÇÕES E CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS.....	24
2.3	PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES.....	25
2.3.1	Fatores que influenciam na localização de instalações	26
2.3.2	Método do Centroide	27
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	30
3.2	ESTUDO DE CASO	30
3.2.1	A ASSOCIAÇÃO GRANFPOLIS E O CONSÓRCIO MULTIFINALITÁRIO (CIM)	32
3.2.1.1	RESÍDUOS SÓLIDOS NA GRANDE FLORIANÓPOLIS	33
3.2.1.2	<i>AS EMPRESAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS</i>	<i>37</i>
	3.2.1.2.1 Aparistas de Papel.....	39
	3.2.1.2.2 Empresas de comércio de resíduos de plástico e materiais metálicos	42
	3.2.1.2.3 Disposição Final dos resíduos: Aterro Sanitário	44
3.2.2	INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE	45
3.2.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO DO CENTROIDE	46
3.2.3.1	<i>Determinação do custo</i>	<i>50</i>
3.2.3.2	<i>Localização do centro de triagem</i>	<i>51</i>
4	DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	53
4.1	O RESULTADO OBTIDO PELO MÉTODO DO CENTRÓIDE	53
4.2	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS DA CADEIA LOGÍSTICA REVERSA	56

5	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A – PLANILHA: MÉTODO DO CENTROIDE.....	65
	ANEXO A – LISTA DE APARISTAS ASSOCIADOS À ANAP	68
	ANEXO B – LISTA DE EMPRESAS ASSOCIADAS AO IBÁ	70

1 INTRODUÇÃO

A concentração da geração dos resíduos nos centros urbanos, cada vez mais populosos, leva à necessidade de estruturas eficientes que permitam dar uma destinação adequada a esses materiais, sempre que possível, ou encaminhá-los à disposição final. Os resíduos acumulados no ambiente levam a diversos problemas ambientais como poluição do solo, da água e do ar (ALMEIDA et al, 2013).

Nas regiões metropolitanas, o serviço público de coleta deve ser realizado de forma sistemática, universal e regular, mas ao mesmo tempo, como destaca Lima (1995), esse serviço deve ser muito bem planejado, pois é de alto custo.

Em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi por meio da Lei 12.305 foi promulgada com o objetivo de pôr fim aos lixões, implantar serviços de coleta seletiva, logística reversa dos resíduos e compostagem dos resíduos úmidos, o que trouxe enormes desafios para o poder público e para a iniciativa privada, em especial para os municípios, que são os responsáveis pelos sistemas de coleta (FERRI *et al.*, 2013).

Uma alternativa para buscar soluções mais eficientes relacionadas à gestão dos resíduos sólidos em uma região metropolitana consiste em adotar iniciativas a partir de associações ou consórcios de município. Entende-se que a cooperação intermunicipal é um meio para viabilizar o desenvolvimento e execução de projetos e ações que, se realizados de forma isolada, não obteriam os mesmos resultados (DALLABRIDA; ZIMERMANN, 2009).

Em um sistema que visa ao tratamento e recuperação de resíduos sólidos urbanos, os centros de triagem constituem um elemento da rede de logística reversa e, é nesse tipo de instalação que se pode realizar a segregação e valorização dos materiais (COELHO *et al.*, 2014).

Dentre os desafios existentes na implementação de um centro de triagem de resíduos sólidos, está a escolha da localização mais adequada para a instalação, isso porque a localização deste empreendimento impacta diretamente nos custos logísticos associados à rede de logística reversa na região, além de envolver elevados investimentos (MAPA *et al.*, 2006).

Esse trabalho de conclusão de curso trata da localização de um centro de triagem de recicláveis secos para os municípios da associação GRANFPOLIS. É por meio de um estudo de caso que são levantados e analisados os dados relacionados

à geração de resíduos sólidos na região da Grande Florianópolis, à cadeia reversa e os agentes que atuam na região e a localização desses agentes. Com o entendimento desses elementos, é aplicado o método do centroide para definição de localização de um centro de triagem para a GRANFPOLIS. Uma vez definida a localização ideal para o centro de triagem na região, os resultados obtidos são analisados e discutidos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é definir a localização de um centro de triagem de resíduos sólidos para os municípios que formam a Associação dos Municípios da Grande Florianópolis (GRANFPOLIS).

1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral do trabalho, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- I. Apresentar um método para definição de localização de um centro de triagem de resíduos sólidos;
- II. Levantar e analisar dados para serem utilizados como parâmetros na aplicação do modelo de definição de localização;
- III. Aplicar o método de definição de localização com base nos dados levantados;
- IV. Analisar e levantar considerações sobre o resultado obtido.

1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Apesar de promulgada em 2010, a Lei nº 12.305/2010 foi regulamentada apenas em 2022 a partir do Decreto nº 10.936/2022, que apresenta o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), que propõe metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas ao atendimento dos objetivos propostos na Lei para um horizonte de 20 anos. Dentre as diretrizes e estratégias apresentadas, destacam-se as associadas a gestão dos resíduos sólidos urbanos, em particular a diretriz 4A, que trata do estímulo ao mercado de reciclagem e priorização do uso desse tipo de matéria-prima, que traz em sua estratégia nº 52 o fomento a realização de estudos de viabilidade de novas centrais de triagem para consórcios públicos (BRASIL, 2022).

Nesse contexto, esse trabalho de conclusão de curso justifica-se por servir de ferramenta de apoio à decisão da associação GRANFPOLIS e do Consórcio Intermunicipal Multifinalitário da GRANFPOLIS, proporcionando às instituições uma pesquisa e resultados associados diretamente às metas definidas pelo PLANARES.

Essa monografia também contribui com uma análise do comportamento das cadeias de logística reversa e como elas se distribuem geograficamente, além de aplicar um método de localização visando a minimização dos custos de transporte e, conseqüentemente, a otimização dos sistemas de logística reversa de uma associação de municípios.

1.3 ESTRUTURA

Essa monografia é composta de cinco capítulos. O primeiro capítulo é destinado à introdução do trabalho, onde o tema é contextualizado, os objetivos da pesquisa são apresentados e a relevância do trabalho é justificada. Já no segundo capítulo, é apresentada a fundamentação teórica do trabalho, que reúne definições e demais informações acerca do tema discutido ao longo da pesquisa. A partir da busca e estudo de fontes bibliográficas, descreve-se a gestão de resíduos sólidos urbanos é abordada, e são apresentados temas como a reciclagem de resíduos e cadeias de logística reversa. Também são trazidos conceitos relacionados à formação de associações e consórcios de municípios e é apresentado o método de localização de instalações que será utilizado na pesquisa.

O terceiro capítulo classifica metodologicamente a pesquisa e descreve as etapas realizadas no desenvolvimento do trabalho. No quarto capítulo, são analisados os resultados obtidos após a execução das etapas e, no quinto e último capítulo, são expostas as principais conclusões a respeito do estudo e apresentadas suas limitações.

Por se tratar de uma monografia, em que os conceitos apresentados se apoiam em fontes bibliográficas, são apresentadas ao final do trabalho as referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o tema de geração de resíduos sólidos urbanos, que é o tema central deste trabalho, contendo definições relacionadas ao tema desse trabalho, bem como entrando em assuntos específicos como centrais de triagem e a revalorização de resíduos.

Posteriormente, é abordado o tema de associação e consórcio de município, e como municípios se unem para resolver problemas sociais e ambientais na mesma região.

Por último, é apresentado um dos métodos usados nos problemas de localização de instalações, adotado nesse estudo para orientar a definição do local mais adequado para implantação de um centro de triagem de resíduos.

2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Resíduos sólidos são, conforme a NBR 10004:2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), os materiais indesejáveis descartados de atividades de origem industrial, doméstica, comercial, hospitalar, agrícola, de varrição e de serviço. Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), resíduo sólido é todo material, substância ou bem descartado como resultado de atividades humanas em sociedade.

O crescimento da população e da economia, a rápida urbanização e o crescimento dos padrões de vida da sociedade aumentaram significativamente a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), transformando os resíduos sólidos um dos mais relevantes problemas ambientais (SONG *et al.*, 2015).

Além dos impactos ambientais e sociais, a gestão desses resíduos sólidos, que, em geral, é responsabilidade dos municípios, possui diversos desafios, sendo um deles a coleta desse material. (CAETANO; LUNA, 2017).

É ideal que os municípios adotem um sistema de coleta, com o intuito de recuperar o valor desses resíduos. Esses sistemas são compostos de atividades que são realizadas por diversos atores que participam das cadeias reversas (CAETANO; LUNA, 2020).

Além dos benefícios ambientais trazidos pelos sistemas de coleta seletiva, é possível observar benefícios sociais e econômicos resultantes dessa prática, podendo

ser evidenciadas na inserção social do catador, por meio da geração de trabalho e renda (KUHN *et al.*, 2018).

Segundo a ABRELPE (2022), 75,1% dos municípios do país apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva, tendo como destaque as regiões Sul e Sudeste do Brasil. Apesar da expansão dos programas de coleta seletiva, o volume dos resíduos recuperados representa cerca de 0,37% do volume coletado. A Tabela 1 traz dados relacionados à geração e recuperação de RSU no Brasil no ano de 2022, com base nos dados apresentados no Panorama ABRELPE para o ano de 2022 (ABRELPE, 2022).

Tabela 1 – Quantidade de RSU gerados e recuperados no Brasil em 2022.

Legenda	Quantidade
Geração de RSU no Brasil	81.811.506 t
Geração de RSU no Brasil por habitante	381 kg/hab/ano
Recuperação de RSU no Brasil	305.922 t
Taxa de recuperação de RSU	0,37%
Recuperação de RSU no Brasil por habitante	0,142 kg/hab/ano

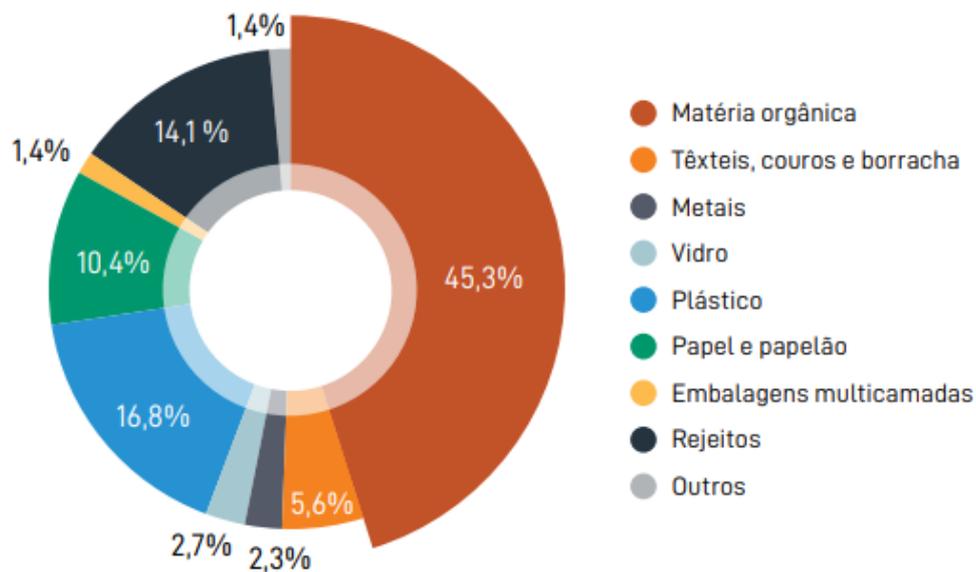
Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do Panorama ABRELPE (2022).

O município de Florianópolis, que faz parte da região estudada, é considerado referência nacional pelas taxas de resíduos recuperados, superiores a 5%, conforme dados que podem ser obtidos no Residuômetro da Prefeitura Municipal de Florianópolis, (PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS, 2023).

Um conceito importante e presente na gestão de resíduos sólidos urbanos é a composição gravimétrica. Segundo Monteiro *et. al* (2001), a composição gravimétrica descreve o percentual de cada tipo de componente em uma amostra de resíduos sólidos urbanos analisada.

No panorama de resíduos sólidos realizado pela ABRELPE em 2020, foi estimada a gravimetria nacional, que pode ser observada na Figura 1 (ABRELPE, 2020).

Figura 1 – Composição gravimétrica nacional.



Fonte: ABRELPE, 2020.

Há uma diversidade na composição de resíduos sólidos e um dos desafios para recuperar esse material consiste em obter eficiência no processo de coleta, separação e transporte até os centros de reciclagem. Song *et al.* (2015) destacam a participação de embalagens – de vidro, plástico, papelão e metal – dentre os resíduos sólidos urbanos – as quais são caracterizadas por um ciclo de vida muito curto.

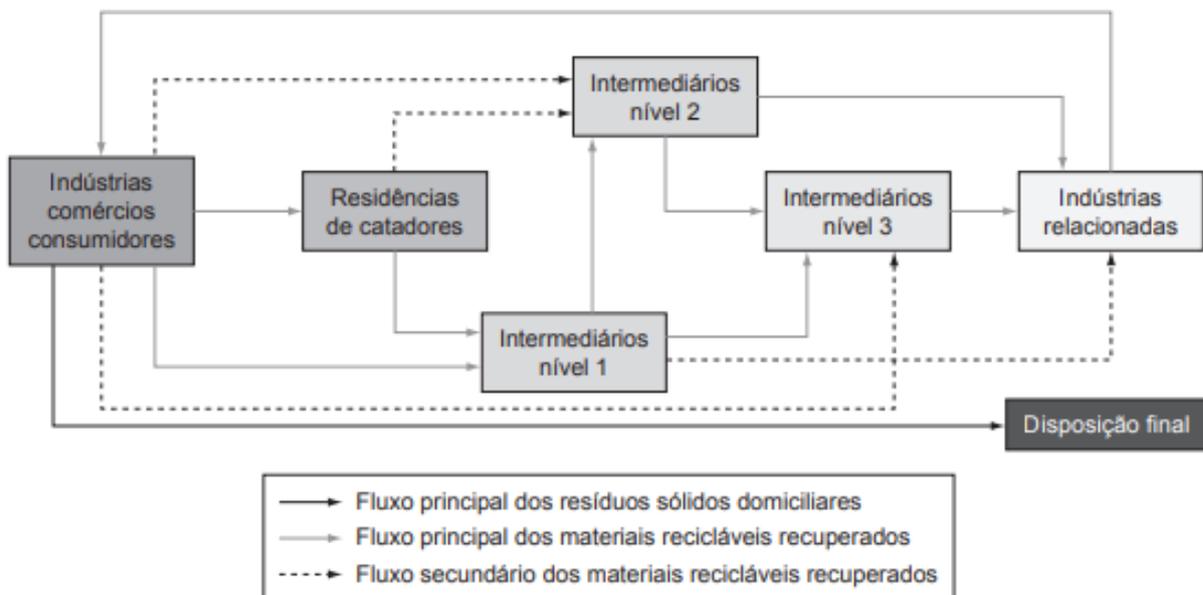
2.1.1 A revalorização dos resíduos

A logística reversa é a parte da cadeia de suprimentos que planeja, opera e controla o fluxo e as informações relativas ao retorno de bens pós-consumo e pré-consumo à indústria. Essa movimentação de produtos, que ocorre do consumidor final de volta à indústria e é facilitada por diversas organizações que compõem os canais reversos (PEREIRA *et al.*, 2014).

A logística reversa possui três subsistemas distintos: reuso, remanufatura e reciclagem. E, no caso da reciclagem, os resíduos recuperados podem retornar à cadeia produtiva como matéria-prima de bens da mesma indústria ou de outras indústrias (LEITE, 2009 apud PEREIRA *et al.*, 2014). No entanto, para viabilizar a reciclagem, a logística reversa deve estar preparada para ofertar o serviço adequado para quem utilizará o material recuperado (MEADE; SARKIS, 2002 apud PEREIRA *et al.*, 2014).

Aquino *et al.* (2009) caracterizam a cadeia reversa pós-consumo em Florianópolis, e identificam alguns atores que fazem parte dessa cadeia como: os catadores de material reciclável, que coletam, selecionam e vendem materiais recicláveis, como papel, papelão, plástico e vidro; os intermediários, organizações que fazem, em geral, a compra e venda de materiais recicláveis em maiores quantidades, podendo ser classificados de acordo com seu tamanho e, se são ou não formalizadas e; a indústria recicladora, último elo da cadeia de logística reversa e responsável por realizar a transformação do material reciclável. Um desenho esquemático da cadeia reversa pós-consumo genérica pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma genérico da cadeia produtiva reversa de pós-consumo na região da grande Florianópolis.



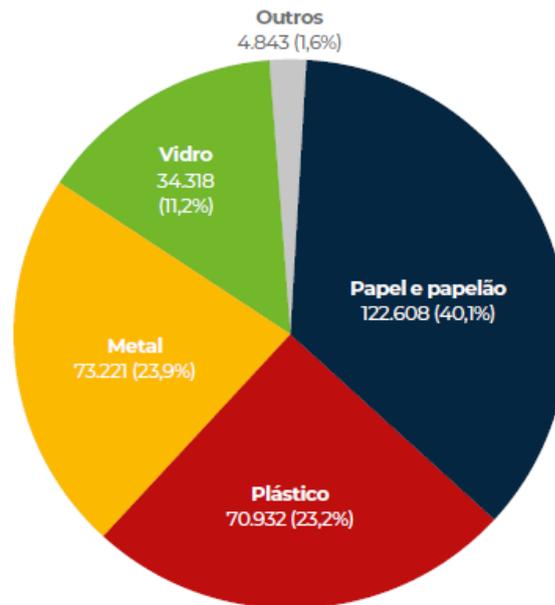
Fonte: AQUINO *et al.*, 2009.

Para cada tipo de resíduo e região, a cadeia reversa tem uma organização diferente, a depender das características físicas dos resíduos e do seu valor, do mercado de reciclagem, dos sistemas de coleta disponíveis, dentre outros fatores. A Lei No. 12.305 define como responsabilidade dos Municípios a implantação da coleta seletiva, a qual pode contar com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda (BRASIL, 2010). Mas, além da participação dos catadores em soluções implementadas pelo município, há muitos catadores informais trabalhando nessas atividades.

De forma geral, além da recuperação de materiais realizada por catadores, 75,1% dos municípios brasileiros contam com coleta seletiva domiciliar (ABRELPE (2022) e, grande parte desse material é recuperado, seja por associação de catadores como em Florianópolis, seja por empresas privadas responsáveis pela coleta e tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo a ABRELPE (2022) dentre os materiais recuperados pelos programas de logística reversa no ano de 2022, papel e papelão representam quase cerca de 40% do total. A Figura 3 mostra a composição gravimétrica dos materiais recuperados no Brasil em 2022.

Figura 3 – Gravimetria dos materiais recuperados pelos programas de logística reversa de embalagens no ano de 2022 (t/ano e %).

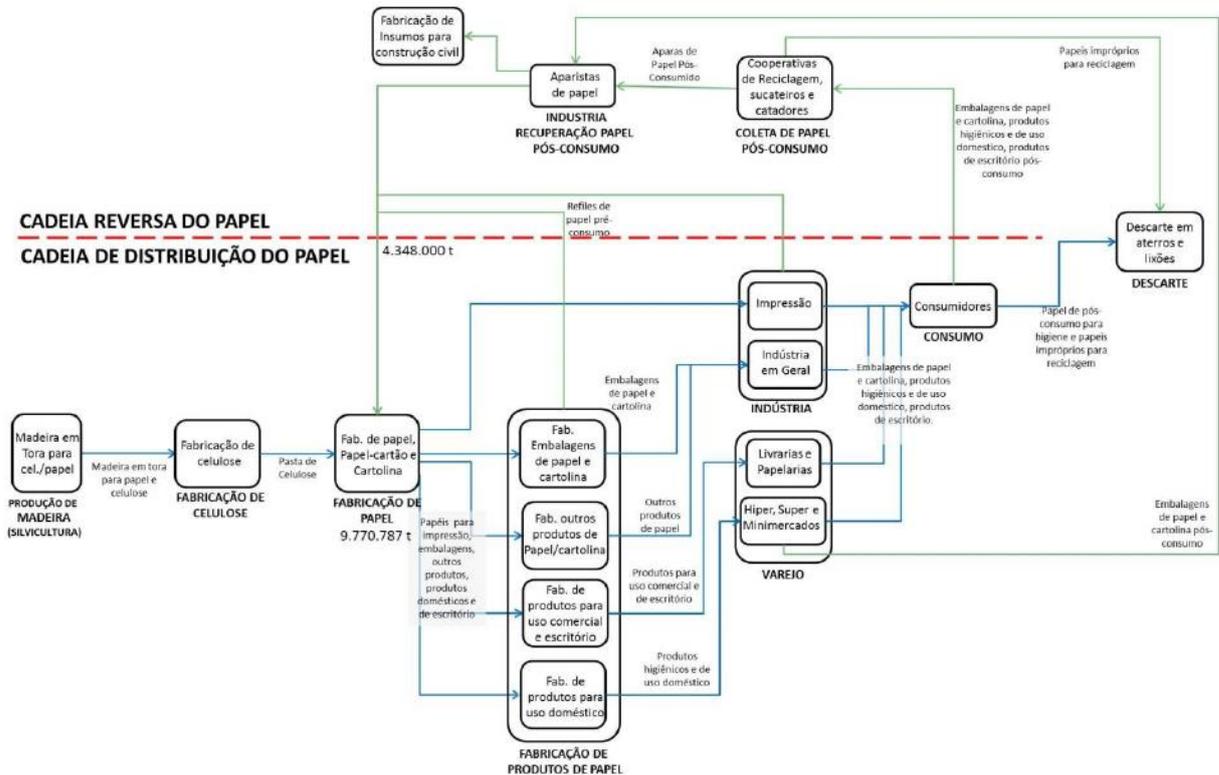


Fonte: ABRELPE, 2022.

Na fabricação de papel para embalagem, o uso de resíduos provenientes do próprio processo produtivo, junto do material coletado pós-consumo é frequente. O papel reciclado é chamado de apara (PEREIRA *et al.*, 2014).

A identificação dos demais elementos dessa cadeia reversa do papel para embalagem é mostrada em Pereira *et al.* (2014), e permite identificar as funções de cada um dos elos dessa cadeia (Figura 4).

Figura 4 – Representação esquemática da cadeia de suprimentos do papel para embalagem.



Fonte: PEREIRA *et al.*, 2014.

Na cadeia logística reversa, em específico para o resíduo papel, existe a figura do aparista de papel, que é, segundo a ANAP (2023), o empresário responsável pela compra de aparas de papel de sucateiros, associações e pequenos comerciantes. Após a compra, os aparistas fazem uma nova triagem dos materiais comprados e vendem esse material de maneira compactada como matéria-prima para os produtores de papel reciclado, papelão, papel kraft etc. Hoje, 56 aparistas de papel fazem parte da ANAP (ANAP, 2023).

Os aparistas tem como maior desafio a logística complexa, pois o produto pós-consumo se encontra disperso e só será reintroduzido na cadeia produtiva se sua coleta, tratamento e recuperação for viável economicamente (PEREIRA *et al.*, 2014).

2.2 ASSOCIAÇÕES E CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS

O consórcio intermunicipal é uma entidade – de personalidade jurídica, com estrutura de gestão autônoma e orçamento próprio – que reúne um conjunto de municípios com o objetivo de realizar ações coletivas que, caso fossem realizadas

individualmente por cada município, não teriam a mesma eficiência e/ou eficácia (VAZ, 1997).

Para Caldas (2007), o surgimento de associações ou consórcios intermunicipais parte dos próprios municípios, que se propõem a agir de maneira conjunta para solucionar um problema comum entre os associados. Essas organizações podem surgir por iniciativa dos próprios municípios, mas também por influência e apoio do governo federal e/ou estaduais.

Cruz (2002) destaca que os consórcios intermunicipais são instrumentos que estão viabilizando o planejamento regional, a superação de problemas locais, a racionalização no uso de recursos financeiros, o aumento da capacidade de cooperação técnica e a implementação e regulação de políticas públicas regionalizadas.

Em 6 de abril de 2005 a Lei 11.107, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos, determina que os objetivos dos consórcios públicos devem ser determinados pelos membros desse consórcio, e que, visando o cumprimento de seus objetivos, o consórcio público poderá firmar convênios, contratos, acordos, e receber auxílios e contribuições de outras entidades e órgãos do governo (BRASIL, 2005).

2.3 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Decidir a localização de uma instalação é um elemento chave no planejamento estratégico de qualquer organização, sendo ela de caráter público ou privado. Devido ao alto custo de implementação de uma nova instalação, ou da realocação de uma instalação existente, esse tipo de decisão tem um impacto no longo prazo (OWEN; DASKIN, 1998) e faz parte da definição da rede logística da empresa – a qual é formada pelo conjunto de instalações (nós da rede) e suas ligações (arcos da rede), os modos de transporte.

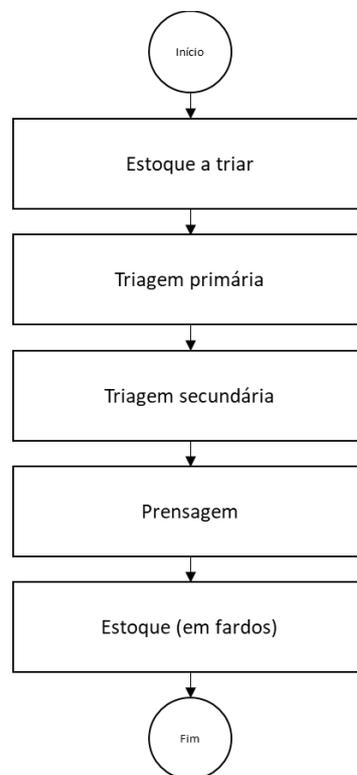
De forma geral, um problema de localização de instalações consiste em escolher um local para um determinado empreendimento, levando em consideração o atendimento a uma demanda distribuída em um espaço geográfico (RIBEIRO; ARROYO, 2008).

No âmbito da gestão dos resíduos sólidos um centro de triagem (CT) – definido por Couto (2017) como uma estrutura física, um galpão, para recepção,

triagem e armazenamento de materiais com escritórios, como unidades de apoio – constitui um elemento importante de uma rede de logística reversa.

As atividades realizadas em um centro de triagem são descritas em um manual com recomendações técnicas para o projeto desse tipo de empreendimento, com diretrizes iniciais, indicação dos elementos principais do projeto e de organização da produção nos CT, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). (BRASIL, 2008). A Figura 5 ilustra o processo realizado em um CT, como sugerido por BRASIL, 2008.

Figura 5 - Processo em um CT



Fonte: elaborado pelo autor com base em BRASIL (2008).

2.3.1 Fatores que influenciam na localização de instalações

Para Ballou (2001), diversos fatores influenciam na localização de instalações, podendo eles ser fatores tangíveis e intangíveis. Alguns desses fatores são a demografia local, o fluxo de tráfego e fatores legais e de custo. Também se destacam como fatores chave na decisão de localização de instalações: a infraestrutura presente (disponibilidade de espaço e energia, por exemplo), mercado e clientes (proximidade do mercado consumidor), proximidade dos fornecedores e recursos necessários (BHATHNAGAR et al., 2003).

Pode-se classificar os problemas de localização de cinco formas diferentes, sendo elas listadas e descritas por Ballou (2011), como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Formas de classificar os métodos de localização.

Tipo de classificação	Descrição
Força direcionadora	Quando a localização é determinada por um fator fundamental, podendo ser fatores econômicos, demográficos ou até mesmo facilidade de acesso.
Número das instalações	Métodos de localização de instalações podem ser classificados quanto a quantidade de instalações a serem localizadas, pois localizar uma só instalação é diferente de localizar múltiplas instalações.
Descontinuidade das escolhas	Métodos de localização de instalações podem ser discretos ou contínuos no espaço, sendo os discretos mais utilizados por levarem em conta uma possibilidade limitada de localizações.
Grau de agregação dos dados	Métodos de localização podem ser classificados quanto ao seu grau de agregação dos dados. Dependendo da abrangência e tamanho do problema, dados podem ser agregados ou desagregados afetando sua acurácia.
Horizonte de tempo	Métodos de localização de instalações podem ser de natureza estática ou dinâmica. Quando estáticos, levam em consideração dados de um determinado período, já quando dinâmicos, englobam planejamento de localização multiperíodos.

Fonte: elaborado pelo autor com base em BALLOU (2001)

2.3.2 Método do Centroide

O método do centroide é classificado como um modelo estático, de localização contínua, muito utilizado para localização de fábricas, armazéns, pontos de varejo ou de serviço únicos. Esse método é conhecido por nomenclaturas diversas

como: abordagem do centro de gravidade exato, método do mediano, p-gravidade e método centroide (BALLOU, 2001).

Nesse método, a localização de uma instalação é definida a partir de diversos pontos (coordenadas) que representam, em geral, as fontes de suprimentos e os locais da demanda dos fluxos de bens, seus respectivos volumes, e suas taxas de transporte. O objetivo do problema é minimizar o custo total do transporte, referente aos fluxos de bens do sistema total. Nesse cálculo são considerados os custos unitários de transporte (custo por volume e por distância), os volumes transportados e as distâncias entre os pontos de origens e destinos das cargas. A função objetivo do método centroide está apresentada na equação 1, conforme apresentado por Ballou (2001).

$$\text{Min } TC = \sum_i \hat{A} V_i R_i d_i \quad (1)$$

onde:

TC = custo total de transporte

V_i = volume no ponto i

R_i = taxa de transporte até o ponto i

d_i = distância até o ponto i da instalação a ser localizada

Para encontrar a localização da instalação, são calculadas as coordenadas do centroide com base nas equações 2 e 3, apresentadas por Ballou (2001).

$$\bar{X} = \frac{\sum_i R_i d_i V_i X_i}{\sum_i R_i d_i V_i} \quad (2)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i R_i d_i V_i Y_i}{\sum_i R_i d_i V_i} \quad (3)$$

onde X_i é a coordenada X do ponto i, e \bar{X} a coordenada X do centroide, e, Y_i é a coordenada Y do ponto i, e \bar{Y} a coordenada Y do centroide.

A equação 4 estima a distância d_i do ponto i ao ponto do centroide.

$$d_i = \sqrt{(X_i \pm \bar{X})^2 + (Y_i \pm \bar{Y})^2} \quad (4)$$

Ballou (2001) também descreve um processo de solução para o método do centroide, com diversas etapas descritas abaixo:

1. Determinar as coordenadas X e Y de cada fonte e demanda. Determinar volumes e tarifas de transporte.
2. Aplicar as equações (2) e (3) sem o termo d_i para chegar em um centro de gravidade inicial
3. Usando a solução encontrada, encontrar d_i usando (4)
4. Reaplicar as equações (2) e (3), agora com d_i
5. Recalcular d_i a partir do novo resultado
6. Repetir os passos 4 e 5 em quantas iterações forem necessárias até que os pontos de coordenadas dos centroides não mudem, ou mudem de modo insignificante.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Uma pesquisa pode ser classificada de acordo com algumas perspectivas: quanto a sua natureza, seus objetivos, procedimentos técnicos utilizados e sua abordagem metodológica.

A presente pesquisa visa a solucionar um problema de definição de localização de um centro de triagem de resíduos sólidos, portanto, quanto à sua natureza, classifica-se como uma pesquisa aplicada, conforme definição proposta por Silva e Menezes (2005), tendo como objetivo produzir conhecimento voltado à solução de problema específico.

Do ponto de vista de seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, que, para Gil (2002), pode ter como finalidade constituir hipóteses para um problema. Neste caso, a partir da aplicação de modelos matemáticos será definida melhor localização para um centro de triagem de resíduos sólidos.

Na perspectiva de procedimentos técnicos, a pesquisa se aprofunda na resolução de um problema prático no cenário específico da gestão de resíduos sólidos na região da Grande Florianópolis, tratando-se então, também para Gil (2002), de um estudo de caso.

Quanto à sua abordagem metodológica, classifica-se como pesquisa quantitativa, pois os métodos utilizados envolvem análise de dados quantitativos e aplicação de modelos matemáticos.

3.2 ESTUDO DE CASO

Para a realização da pesquisa e atingimento dos objetivos, foram definidas etapas de desenvolvimento, que estão indicadas na Figura 6. Previamente à realização do estudo de caso, foi feita uma revisão bibliográfica dos temas associados ao desenvolvimento do trabalho.

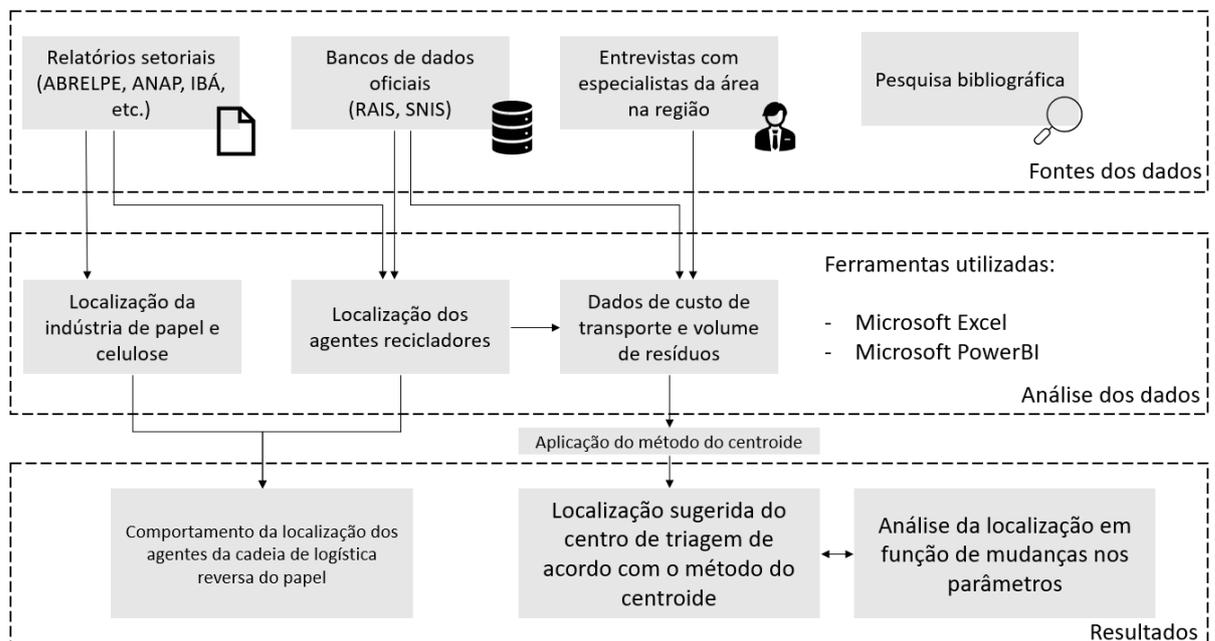
O desenvolvimento dessa pesquisa pode ser dividido em três grandes etapas. A primeira delas sendo a coleta dos dados, que foi feita de três maneiras distintas, sendo estas: a utilização de bancos de dados oficiais como o RAIS e o SNIS para coleta de informações de geração de resíduos sólidos e número de empregos formais em empresas de gestão de resíduos na região da Grande Florianópolis e no Brasil,

relatórios setoriais, como da ABRELPE, ANAP e IBÁ para obter dados como geração de resíduos sólidos, quantidade e localização dos aparistas e da indústria de papel e celulose no Brasil, e entrevistas com especialistas da área na região para compreender como está estabelecida a cadeia de logística reversa na Grande Florianópolis.

Posteriormente, com a utilização de ferramentas como o Microsoft Excel e Microsoft PowerBI, foi feita a análise dos dados obtidos, onde foi possível constatar a localização da indústria e dos agentes recicladores, possibilitando, enfim, a definição de quais parâmetros devem ser utilizados no método do centroide.

Foi aplicado o método do centroide com base nos dados levantados e filtrados nas etapas anteriores, obtendo como resultado a localização sugerida do centro de triagem de acordo com o método aplicado, bem como possibilitou analisar o comportamento da localização dos agentes da cadeia de logística reversa do papel, e a mudança da localização em função da mudança nos parâmetros utilizados no método.

Figura 6 - Etapas da Pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor

Foram entrevistados dois profissionais especialistas na área de recuperação de resíduos sólidos, sendo um deles representante de uma organização privada de gestão de resíduos e o outro representante da GRANFPOLIS, ou seja, dos municípios da região.

Em entrevista com a GRANFPOLIS, foi possível observar que a região já possui uma sistemática estabelecida e eficiente para a cadeia reversa do vidro, que foi instituída no ano de 2023 por meio de um projeto conduzido por uma empresa recicladora de vidro em parceria com a GRANFPOLIS, que estrutura, por meio de Pontos de Entrega Voluntários (PEVs) um canal de logística reversa próprio para o vidro, que liga o gerador do resíduo, representado pelo cidadão, que descarta o resíduo de vidro diretamente no PEV, diretamente à empresa recicladora, que faz a coleta diretamente do PEV. O projeto conduzido por essa parceria inclui a região do Consórcio onde foram dispostos contentores com custos de coleta são arcados pela empresa produtora de vidros.

Essa iniciativa recentemente adotada pela GRANFPOLIS fará com que a quantidade de vidros circulando pelo sistema tradicional de coleta diminua, o que acaba validando o enfoque deste trabalho na cadeia reversa do papel e papelão, que além de serem os resíduos mais representativos em quantidade recuperada na região, tem uma cadeia reversa menos bem estabelecida, e outros resíduos como de plástico e de metal.

Na entrevista com representante de uma empresa da área de recuperação de resíduos sólidos na região de Fortaleza, no Ceará, foi possível constatar a regionalidade existente no mercado de recuperação de resíduos, além de possibilitar também uma consulta direta referente aos custos de transporte de cargas consolidadas de resíduos sólidos.

Os tópicos a seguir descrevem as etapas do desenvolvimento da pesquisa, iniciando com uma breve descrição sobre a associação GRANFPOLIS, objeto de estudo deste trabalho.

3.2.1 A ASSOCIAÇÃO GRANFPOLIS E O CONSÓRCIO MULTIFINALITÁRIO (CIM)

A organização objeto desse estudo de caso é a Associação dos Municípios da Região da Grande Florianópolis – GRANFPOLIS. Fundada em 1969, a associação foi idealizada para promover o desenvolvimento da região a qual ela faz parte. Inicialmente, a associação era formada por onze municípios, porém, atualmente, 22 municípios compõem o grupo, sendo esses: Águas Mornas, Alfredo Wagner, Angelina, Anitápolis, Antônio Carlos, Biguaçu, Canelinha, Florianópolis, Garopaba, Governador Celso Ramos, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Palhoça, Paulo

Lopes, Rancho Queimado, Santo Amaro da Imperatriz, São Bonifácio, São João Batista, São José, São Pedro de Alcântara e Tijucas (GRANFPOLIS, 2023a).

Uma das iniciativas da associação Granfpolis é a gestão do Consórcio Intermunicipal Multifinalitário da Grande Florianópolis (CIM-GRANFPOLIS), um consórcio público constituído por 14 dos 22 municípios da região, sendo esses: Anitápolis, Antônio Carlos, Canelinha, Governador Celso Ramos, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Paulo Lopes, Rancho Queimado, São Bonifácio, São João Batista, São José, São Pedro de Alcântara e Tijucas, que tem como finalidade a promoção de desenvolvimento humano, social, cultural e econômico da região em que atua (CIM-GRANFPOLIS, 2023).

Os objetivos do CIM-GRANFPOLIS estão voltados ao desenvolvimento sustentável, planejamento e infraestrutura, desenvolvimento institucional, saneamento básico, gestão ambiental, entre outros. No que diz respeito ao saneamento básico, o objetivo principal é prestar serviços públicos relacionados ao manejo de resíduos sólidos é uma das suas finalidades como instituição (CIM-GRANFPOLIS, 2023).

3.2.1.1 RESÍDUOS SÓLIDOS NA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Para localizar um centro de triagem para processar resíduos urbanos, é preciso identificar os pontos de origem desses materiais, ou seja, os municípios onde são gerados os resíduos sólidos. Assim, para a região da Grande Florianópolis, foram obtidos dados de geração total de resíduo, de custos com coleta de resíduos sólidos urbanos, e de volumes de resíduos recuperados de cada um dos municípios que formam a GRANFPOLIS. A coleta desses dados foi feita por meio de consulta à base de dados pública do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O SNIS é o sistema de informações sobre o setor de saneamento brasileiro que disponibiliza indicadores e dados relacionadas a prestação de serviços de água e esgoto, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e manejo dos resíduos sólidos urbanos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2023). No caso desse trabalho, foram utilizados dados específicos do SNIS Resíduos sólidos.

Os primeiros dados coletados do SNIS foram os dados gerais relacionados a produção anual de resíduos sólidos e os custos anuais de coleta que cada uma das

idades da Grande Florianópolis teve no ano de 2021, os quais são mostrados na Tabela 2.

É importante destacar que nem todos os municípios fornecem todas as informações ao SNIS, portanto, os municípios de Tijucas, Santo Amaro da Imperatriz, Alfredo Wagner, São Pedro de Alcântara e Major Gercino não informam os dados de custos com coleta, e os municípios de Garopaba, Alfredo Wagner, Águas Mornas, Paulo Lopes, Antônio Carlos, Major Gercino, Rancho Queimado e Leoberto Leal não informam os dados de quantidade de material recuperado.

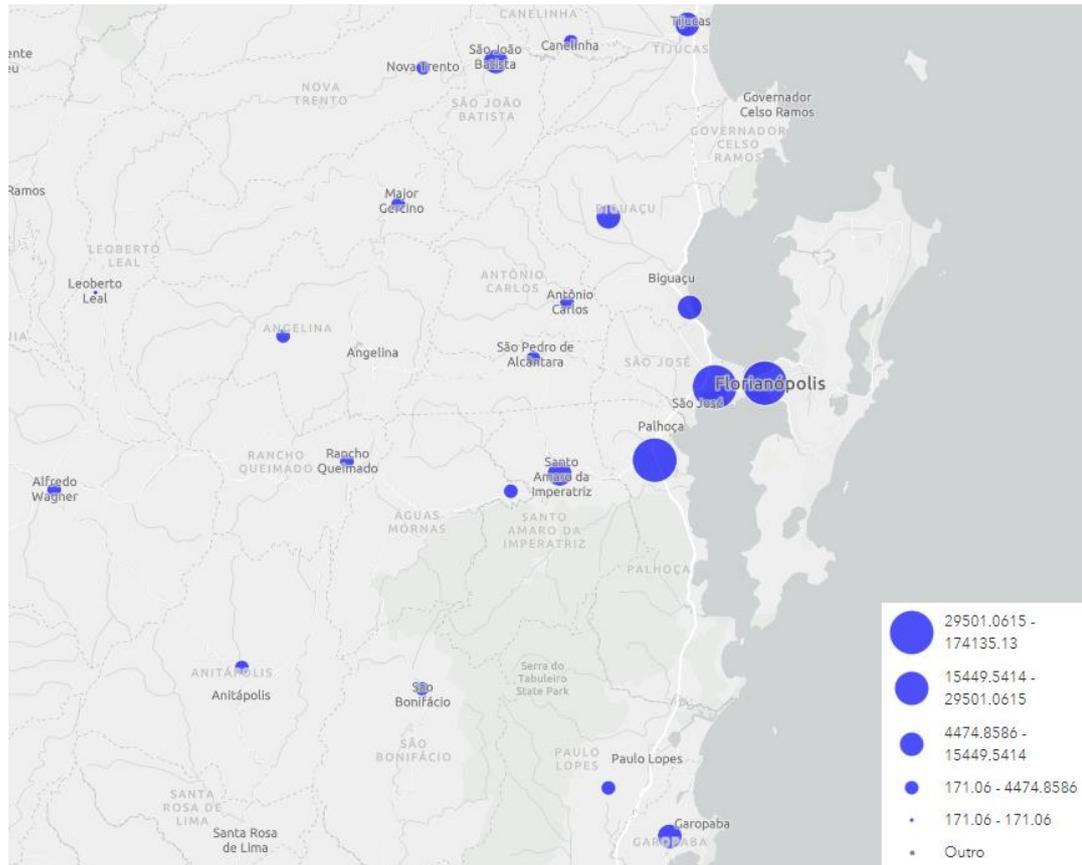
Tabela 2 – Massa total de resíduos sólidos urbanos coletados e custos com coleta nos municípios da Grande Florianópolis em 2021

Cidade	Massa total coletada por dia (toneladas)	Massa total coletada no ano de 2021 (toneladas)	Custo por tonelada (R\$/tonelada)	Custo total no ano de 2021 (R\$)
Florianópolis	477,08	174.135,13	412,84	71.889.948,89
Palhoça	193,65	70.682,87	357,10	25.240.853,06
São José	185,51	67.711,91	195,43	13.232.938,41
Garopaba	42,29	15.434,54	427,63	6.600.270,63
Biguaçu	39,60	14.454,91	199,16	2.878.840,37
Tijucas	33,84	12.350,14	-	-
São João Batista	29,57	10.791,68	248,02	2.676.553,69
Governador Celso Ramos	19,73	7.200,22	208,33	1.500.022,58
Santo Amaro da Imperatriz	18,23	6.655,61	-	-
Nova Trento	10,90	3.979,88	214,11	852.131,26
Canelinha	6,77	2.470,52	141,94	350.665,72
Alfredo Wagner	3,92	1.431,91	-	-
Águas Mornas	3,37	1.231,32	387,86	477.579,85
Angelina	2,94	1.071,59	157,94	169.246,75
São Pedro de Alcântara	2,73	997,18	-	-
Paulo Lopes	2,48	904,03	420,73	380.353,38
Antônio Carlos	2,32	848,53	15,5	13.152,27
Anitápolis	2,24	818,44	281,94	230.750,83
São Bonifácio	1,37	499,10	484,80	241.964,16
Major Gercino	1,36	496,25	-	-
Rancho Queimado	1,05	382,23	67,85	25.934,17
Leoberto Leal	0,47	171,06	212,77	36.395,85

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do SNIS Resíduos Sólidos (2021)

A Figura 7 representa a distribuição de geração de resíduos sólidos na região de estudo, considerando os 22 municípios que fazem parte da GRANFPOLIS.

Figura 7 – Geração de resíduos sólidos urbanos nos municípios da GRANFPOLIS



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do SNIS (2021)

Os dados referentes aos volumes de resíduos recuperados – ou seja, material da coleta seletiva que é separado para comercialização no mercado de resíduos – dos municípios que fazem parte da região da Grande Florianópolis foram obtidos na base de dados do SNIS 2021. Na Tabela 3 estão apresentados os dados recuperados por cidade em quantidades totais e por tipo de material reciclável.

Tabela 3 – Quantidade de resíduos recuperados (em toneladas) por cidade na Grande Florianópolis em 2021

Cidade	Total recuperado	Papel e papelão	Plástico	Metal	Vidros	Outros
Florianópolis	7.558,1	-	-	-	-	-
Palhoça	530,6	217,4	95,9	73,7	142,1	1,5
São José	2.679,3	1.071	594	319	695,3	0
Biguaçu	650	-	-	-	-	-
Tijucas	591,7	128,6	132	52,9	258,5	19,7
São João Batista	1.277,4	396,6	470,1	104,8	305,9	0
Governador Celso Ramos	100,9	-	-	-	-	-
Santo Amaro da Imperatriz	266	-	-	-	-	-
Nova Trento	390,9	117,3	64,7	33,9	145	30
Canelinha	983	296	195	296	98	98
Angelina	633	147	114	85,5	123,5	163
São Pedro de Alcântara	10	10	0	0	0	0
Anitápolis	56	9	10	12	3	22
São Bonifácio	99,8	35,8	22	7	29	6
Total	15.826,7	2.428,7	1.697,7	984,8	1.800,3	340,2

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do SNIS Resíduos Sólidos (2021)

Legenda: - indica que a informação não consta no SNIS

Pode-se observar no conjunto de dados apresentados que os municípios de Garopaba, Alfredo Wagner, Águas Mornas, Paulo Lopes, Antônio Carlos, Major Gercino, Rancho Queimado e Leoberto Leal, 8 dos 22 municípios da GRANFPOLIS, não informam a quantidade de resíduos recuperados, isso se dá por conta da inexistência de um sistema de coleta seletiva do município, embora existam catadores e empresas que coletem esse material. Municípios como Florianópolis, Biguaçu, Governador Celso Ramos e Santo Amaro da Imperatriz que possuem coleta seletiva e dispõem de dados sobre o total de resíduos recuperados, porém, o montante não está segmentado por tipo de resíduo no SNIS.

Observa-se do total de resíduos recuperados na região, pode-se destacar o volume do papel e papelão recuperados, que representa mais de um terço período de janeiro/2021 a dezembro/2021.

Com base nos dados das Tabelas 2 e 3, obtém-se o percentual de resíduos recuperado, que está em torno de 4%. Esse material é resultado da separação e triagem que é realizada nas associações, ou empresas privadas, responsáveis pela triagem de resíduos nos vários municípios para, posteriormente, serem e encaminhados a aparistas e indústrias recicladoras (Tabela 4).

Tabela 4 – Quantidade de resíduos recuperados na Grande Florianópolis em 2021.

	Quantidade (t)
Massa total de resíduos sólidos urbanos coletados	394.719,06
Massa total de resíduos sólidos urbanos recuperados	15.826,70
Percentual de recuperação da região em 2021	4,01%

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do SNIS Resíduos Sólidos (2021).

Em Florianópolis há diversas associações que realizam essas atividades de separação e triagem, sendo grande parte do material coletado pela ACMR (Associação de Coletores de Materiais Recicláveis). Por meio da entrevista realizada em 02/06/2023, foram coletados os dados do relatório de venda de materiais recicláveis da ACMR, referente ao período de janeiro/2021 a setembro/2021, onde foi observado um total de aproximadamente 3 toneladas de material reciclável recuperado, sendo que deste total, aproximadamente 63% são resíduos de vidro, 14% resíduos de papel e papelão, 8% de resíduos de plástico, pouco mais de 2% de resíduos metálicos e cerca de 13% outros materiais.

Esse material recuperado é comercializado pelas associações sendo normalmente vendido a empresas da região que fazem novo processamento (triagem secundária ou terciária) antes de encaminhar a indústria de reciclagem.

3.2.1.2 AS EMPRESAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS

O levantamento de dados referente a empresas que atuam na recuperação e comércio de resíduos e as suas localizações foi feito a partir de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Nessa base de dados, é possível consultar a quantidade de postos de trabalho em diversos municípios, anualmente, usando o sistema DARDO

O sistema DARDO possibilita filtrar a quantidade de postos de trabalho existentes em empresas de acordo com sua atividade econômica listada na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0), do IBGE. Para essa consulta ao banco de dados, foram utilizadas as atividades listadas no Quadro 2 como filtro, pois são as atividades relacionadas às empresas recicladoras.

Quadro 2 – Classes de atividades econômicas associadas às empresas de gestão de resíduos.

CÓDIGO CNAE 2.0	CLASSE
38.21-1	Tratamento e disposição de resíduos não-perigosos
38.31-9	Recuperação de materiais metálicos
39.00-5	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos
46.87-7	Comércio atacadista de resíduos e sucatas
38.32-7	Recuperação de materiais plásticos

Fonte: elaborado pelo autor com base na estrutura detalhada do CNAE 2.0 do IBGE.

Os dados obtidos foram tratados em planilha do Microsoft Excel, onde foram filtrados apenas os municípios que fazem parte da Grande Florianópolis.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de postos de trabalho existentes nas cidades da região estudada em empresas cadastradas nas classes apresentadas no Quadro 2. As cidades que não possuem empresas cadastradas nas classes supracitadas, não constam na tabela.

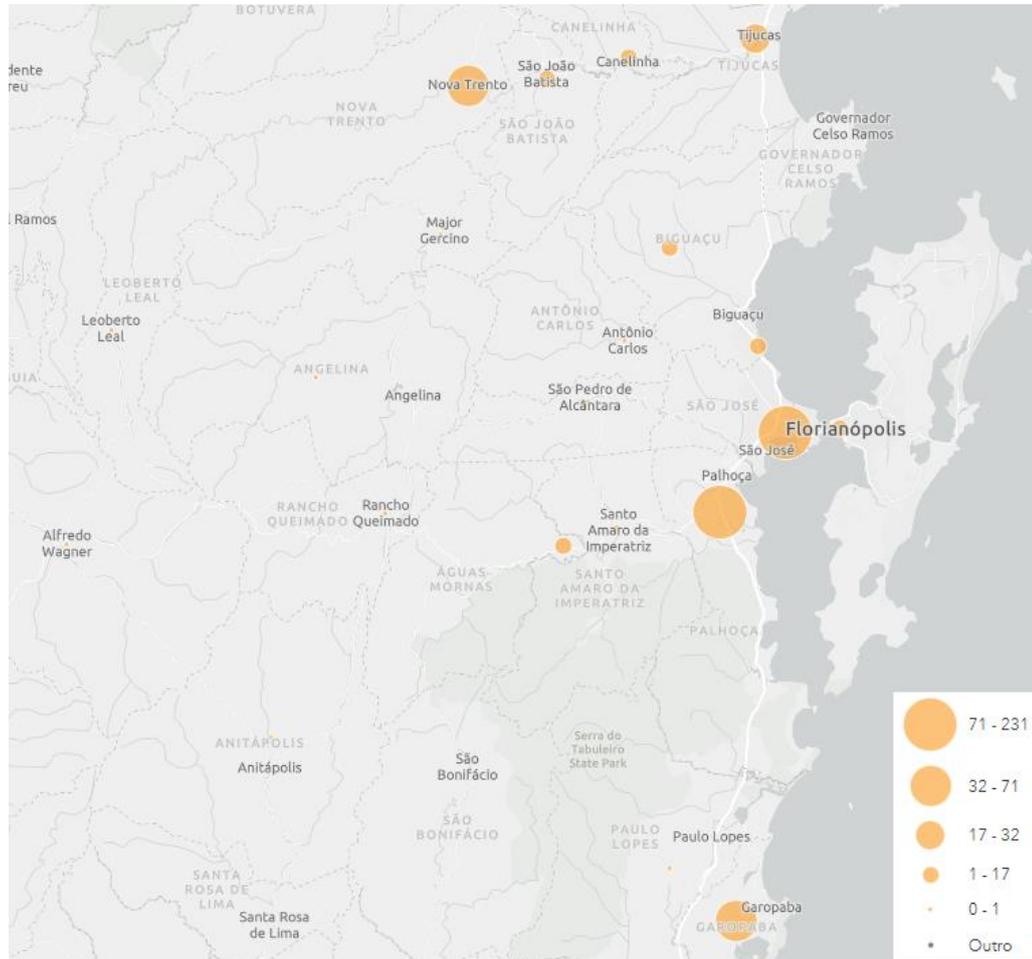
Tabela 5 – Quantidade de postos de trabalho em empresas de gestão de resíduos na região da Grande Florianópolis.

Cidade	Quantidade de postos de trabalho
Florianópolis	7
Palhoça	231
São José	177
Garopaba	71
Biguaçu	17
Tijucas	32
Governador Celso Ramos	10
Santo Amaro da Imperatriz	1
São João Batista	8
Nova Trento	53
Canelinha	11
Águas Mornas	12

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do RAIS/MTE.

A Figura 8 representa, a distribuição de postos de trabalhos em empresas de gestão de resíduos na região de estudo.

Figura 8 – As empresas de gestão de resíduos na região estudada.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do RAIS/MTE.

Com as informações apresentadas na Tabela 5 e na Figura 6, a partir da quantidade de postos de trabalho, é possível observar uma concentração nas proximidades de São José, Palhoça e Garopaba.

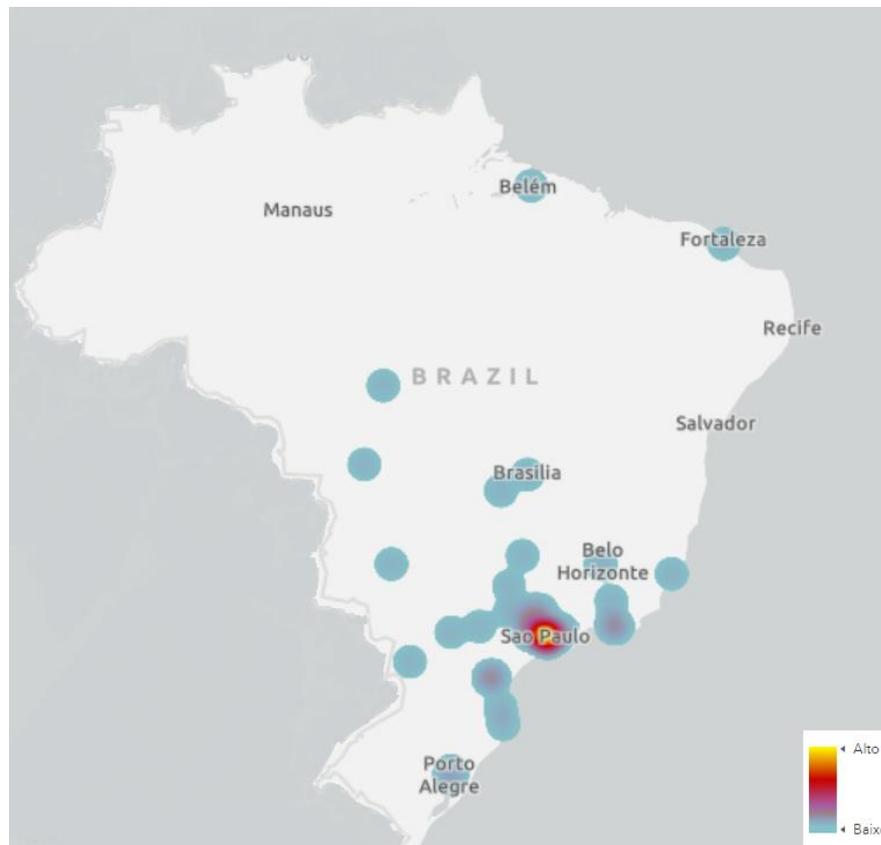
3.2.1.2.1 Aparistas de Papel

Na cadeia reversa do papel e papelão, os aparistas desempenham função importante ao consolidar cargas de resíduos para reciclagem que serão encaminhados a indústria recicladora. A identificação da localização desses elos da cadeia permite compreender como esse elo da cadeia está organizado, se há concentração dessa indústria e se esses localizam-se mais próximos dos pontos de geração de resíduos ou das indústrias recicladoras.

Para localizar os aparistas, foram utilizadas duas fontes de dados secundários: o relatório de empresas associadas à ANAP (Associação Nacional dos Aparistas) e as cidades onde operam e o sistema RAIS. A distribuição dos 56 aparistas

(listados no Anexo A) é mostrada no mapa de calor da Figura 9, conforme dados da ANAP.

Figura 9 – Distribuição de aparistas de papel no Brasil.

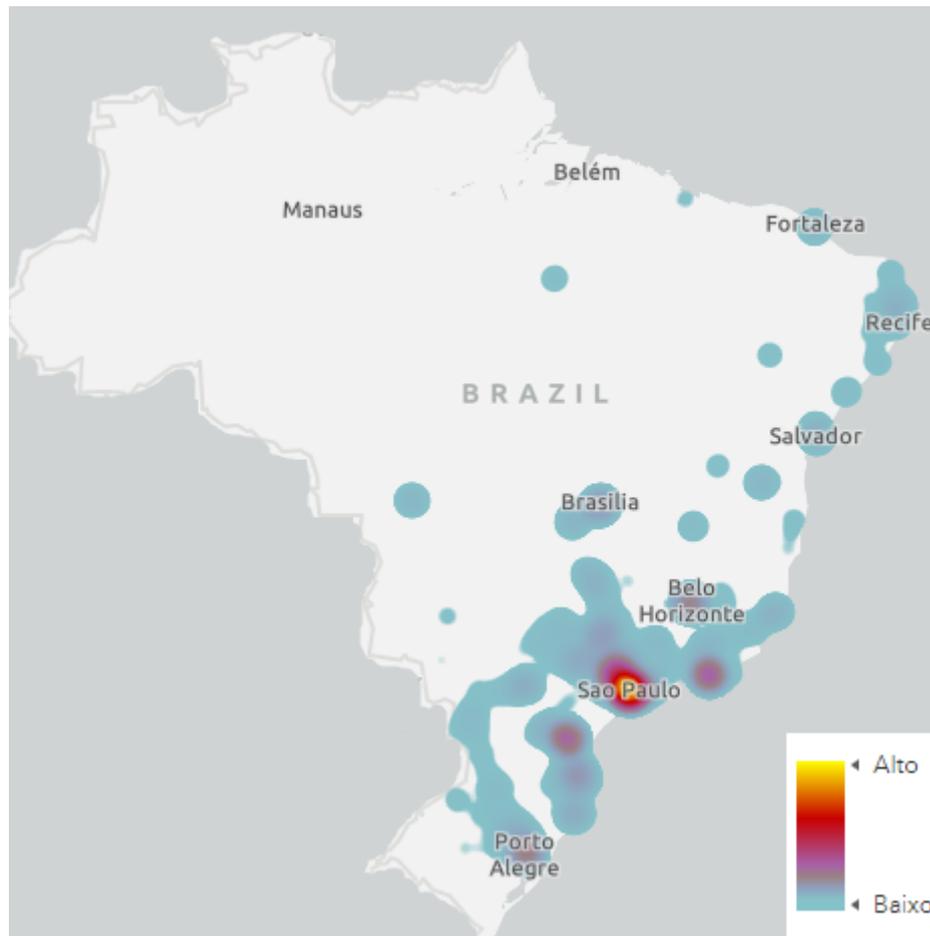


Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados da ANAP, 2023.

Em complemento às informações levantadas de empresas associadas à ANAP, foi realizada uma busca no RAIS específica para os CNAEs correspondente aos aparistas de papel, identificado como Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão, com o código 46.87-7/01

Com os dados obtidos no RAIS é possível identificar as regiões com concentração de aparistas no Brasil, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Distribuição de aparistas de papel no Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do RAIS (2023).

Uma empresa que se destaca como aparista na região da Grande Florianópolis é a Almeida Papéis, localizada na cidade de São José. A referida empresa iniciou suas atividades em 1985 com a coleta e triagem de papel e papelão, e agora, expandindo sua atuação para outros tipos de resíduos sólidos (ALMEIDA AMBIENTAL, 2023).

Especialista da área de resíduos sólidos na região da Grande Florianópolis, em entrevista realizada em 02/06/2023 informou que a Almeida Ambiental é a responsável por processar todas as aparas de papel na região de estudo, tendo capacidade para ser o aparista de maior relevância em atuação na região, por conta de seu alto nível de qualidade e alto investimento em maquinário.

Figura 11 – Foto do depósito da Almeida Ambiental.



Fonte: Almeida Ambiental, 2023.

3.2.1.2.2 Empresas de comércio de resíduos de plástico e materiais metálicos

Como destacado anteriormente, outros tipos de materiais recicláveis passam pelo centro de triagem e são encaminhados a outras empresas. Com o intuito de identificar a concentração de comércio de outros tipos de materiais, como metais e plásticos, foram extraídos dados no sistema RAIS referente ao número de funcionários e respectivos municípios referente às subclasses listadas no Quadro 3. As buscas foram realizadas considerando apenas as a região sul do Brasil.

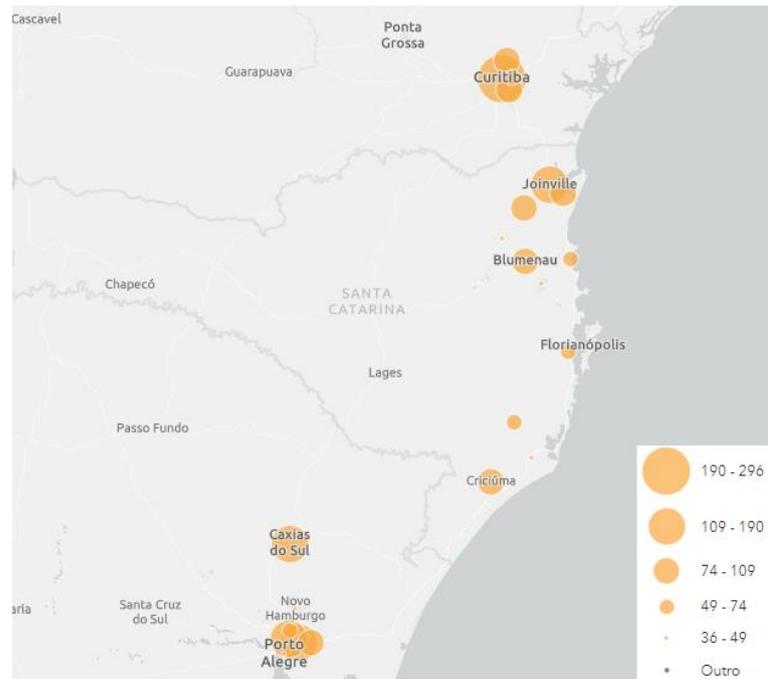
Quadro 3 – Subclasse de atividade econômica associada aos recicladores.

CÓDIGO CNAE 2.0	SUBCLASSE
46.87-7/02	Comércio atacadista de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto de papel e papelão
46.87-7/03	Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos

Fonte: elaborado pelo autor com base na estrutura detalhada do CNAE 2.0 do IBGE.

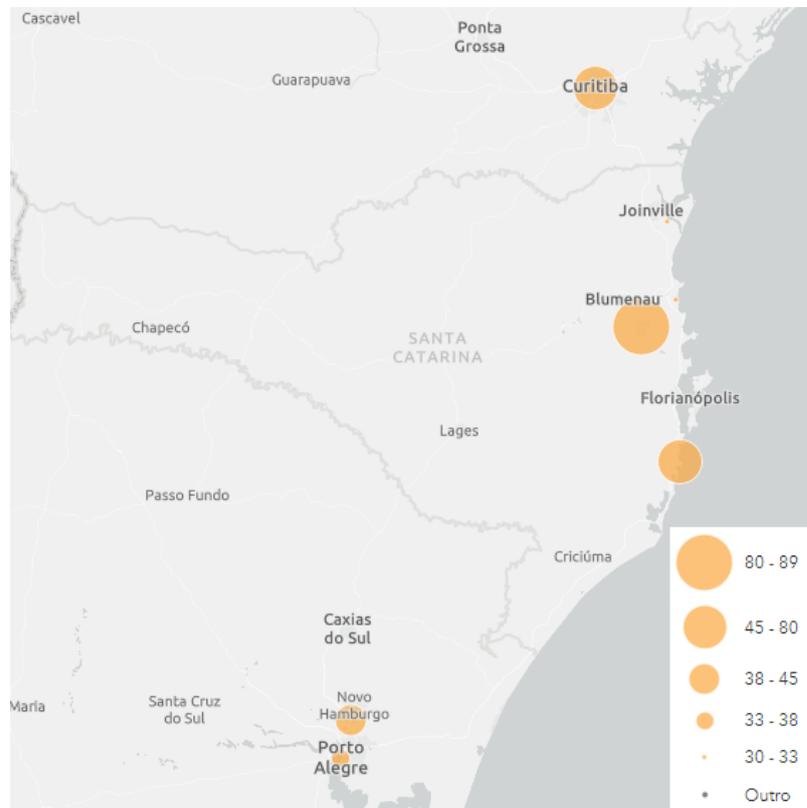
Dentre as cidades onde o número de colaboradores em empresas cadastradas nessas subclasses era maior do que 30, e cidades localizadas na região litorânea da região sul, somadas da região metropolitana de Curitiba e Porto Alegre.

Figura 12 – Distribuição de comerciantes de resíduos e sucatas metálicos no sul do Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do RAIS (2021).

Figura 13 – Distribuição de comerciantes de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto papel e papelão no sul do Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do RAIS (2021).

3.2.1.2.3 Disposição Final dos resíduos: Aterro Sanitário

Na impossibilidade de recuperação dos resíduos sólidos coletados, esses devem ser encaminhados ao aterro sanitário para disposição final. Nem todo o material encaminhado aos centros de triagem é recuperado, sendo parte do material que não é reciclado seco ou não tem condições de ser recuperado enviado ao aterro.

O Centro de Gerenciamento de Resíduos, localizado na cidade de Biguaçu ocupa uma área de 86 hectares (VEOLIA, 2023).

O aterro recebe a maioria dos resíduos sólidos na região da Grande Florianópolis, incluindo rejeitos que são descartados nos centros de triagem de recicláveis secos.

3.2.2 INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Visando buscar um entendimento da cadeia de logística reversa do papel como um todo, também foi realizado um levantamento de localização da indústria de papel e celulose pelo país.

Com base nas empresas associadas ao IBÁ, foi realizada nessa etapa a elaboração de um mapa de calor das indústrias de papel no Brasil. Para isso, foi feita uma investigação de cada uma das empresas associadas e determinadas as localizações das suas fábricas de papel. Foi visitado o *website* de todas as 47 empresas associadas ao IBÁ (listadas no Anexo B), pois dentre as associadas, existem empresas focadas em exploração florestal e produção de celulose, que não fazem parte da cadeia de reciclagem do papel. Essas empresas não foram consideradas na elaboração do mapa de calor.

Após a remoção das empresas que não estão associadas a fabricação do papel e ao possível uso de papel reciclado como matéria-prima, foram identificadas a localização de todas as unidades fabris de cada uma das empresas restantes.

As fábricas de papel estão distribuídas no país de acordo com o mapa de calor apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Distribuição das fábricas de papel no Brasil.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI com base nos dados do IBÁ, 2022.

3.2.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DO CENTROIDE

Para determinação da localização do centro de triagem na região, foi utilizado o método do centroide conforme descrito na seção 2.3.3 desse trabalho.

As fontes de material para este trabalho são as 22 cidades da região da Grande Florianópolis, e o material, a quantidade de resíduos sólidos produzidos por cada uma das cidades no ano de 2021, conforme dados apresentados na Tabela 2.

Para determinar as coordenadas de cada uma das cidades, foi escolhido um ponto geográfico representativo da cidade (em latitude e longitude), em uma região central da cidade.

No entanto, o método do centroide exige que sejam utilizadas coordenadas cartesianas X e Y para cada uma das fontes e destinos, portanto, foi necessário adotar um sistema de medida cartesiano para determinação dos pontos X e Y. Foi utilizado o sistema de coordenadas UTM (Universal Transverso de Mercator), sistema de coordenadas retangulares que fornece os pontos cartesianos de cada cidade em metros, a partir de uma referência pré-determinada.

A Tabela 6 traz as coordenadas X e Y de cada uma das fontes geradoras de resíduos sólidos, ou seja, dos 22 municípios da GRANFPOLIS, para este problema de localização.

Tabela 6 – Coordenadas X e Y das cidades da Grande Florianópolis.

Cidade	X (km)	Y (km)
Florianópolis	746	6.946
Palhoça	731	6.939
São José	734	6.947
Garopaba	734	6.898
Biguaçu	732	6.956
Tijucas	735	6.986
São João Batista	714	6.982
Governador Celso Ramos	743	6.976
Santo Amaro da Imperatriz	720	6.936
Nova Trento	706	6.980
Canelinha	721	6.983
Alfredo Wagner	697	6.934
Águas Mornas	716	6.934
Angelina	699	6.948
São Pedro de Alcântara	717	6.947
Paulo Lopes	729	6.904
Antônio Carlos	721	6.954
Anitápolis	684	6.912
São Bonifácio	704	6.913
Major Gercino	703	6.966
Rancho Queimado	696	6.938
Leoberto Leal	670	6.957

Fonte: elaborado pelo autor.

Um dos destinos dos resíduos triados no centro de triagem é o aterro sanitário. Isso porque parte dos materiais são rejeitos, logo não podem ser recuperados e encaminhados às empresas recicladoras.

Outros destinos considerados no modelo são as cidades onde existe uma grande quantidade de comércio de resíduos metálicos e resíduos não metálicos. Esses destinos receberão todo material triado, à exceção do papel e papelão e do rejeito que será destinado ao aterro sanitário e. Foi aplicado o método do centroide exclusivamente para esses destinos, buscando representar os vários destinos por apenas dois pontos.

Os demais destinos dos resíduos triados, para esse modelo, são os aparistas de papel. Com base em entrevista realizada, foi adotada a premissa de que o aparista

Almeida Ambiental, localizado em São José, tem capacidade para processar todo o volume de papel e papelão da região.

As coordenadas dos pontos de destino considerados no modelo estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Coordenadas X e Y dos destinos.

	X (km)	Y (km)
Aterro Sanitário	734	6.971
Centroide – Metálicos	624	6.956
Centroide – Não Metálicos	661	6.963
São José	734	6.947

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a determinação dos volumes a serem utilizados no modelo, foi utilizado um valor correspondente a 5% do total da geração de resíduos sólidos de cada um dos municípios, os quais constituem os pontos de origem do modelo, adotando como referência o ano de 2021, conforme mostrado na Tabela 2. Esse percentual foi definido tomando como base a taxa de recuperação dos resíduos da cidade de Florianópolis, de 5%.

Assim, considerou-se do total gerado na região, 394.719 toneladas, 19.735 toneladas (5%) são coletadas por meio de programas de coleta seletiva. Cerca de 30% do total coletado é recolhido por meio de sistema exclusivo de coleta de vidro, sendo o restante destinado a triagem, ou seja, 13.815 toneladas.

A Tabela 8 apresenta os dados de volumes utilizados nesse cálculo.

Tabela 8 – Volume de resíduos nas origens do problema de localização.

Cidade	Volume (toneladas/ano)
Florianópolis	6.095
Palhoça	2.474
São José	2.370
Garopaba	540
Biguaçu	506
Tijucas	432
São João Batista	378
Governador Celso Ramos	252
Santo Amaro da Imperatriz	233
Nova Trento	139
Canelinha	86
Alfredo Wagner	50
Águas Mornas	43
Angelina	38
São Pedro de Alcântara	35
Paulo Lopes	32
Antônio Carlos	30
Anitápolis	29
São Bonifácio	17
Major Gercino	17
Rancho Queimado	13
Leoberto Leal	6
Total	13.815

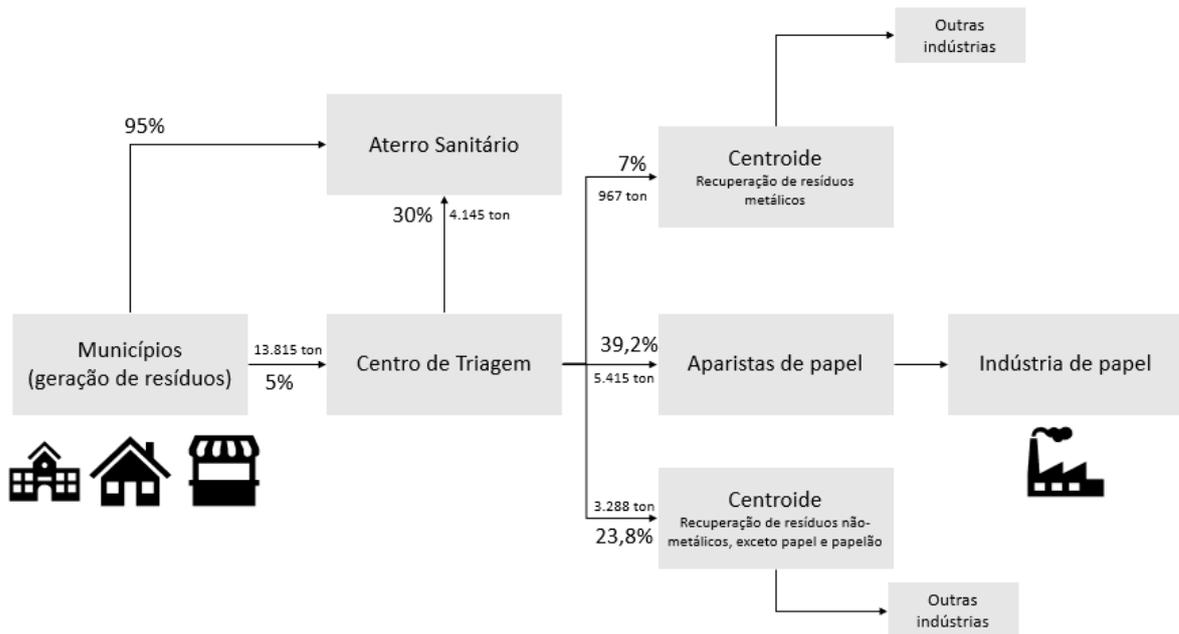
Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do SNIS Resíduos Sólidos e estimativa de reciclagem conforme residuômetro da prefeitura de Florianópolis.

Para os destinos, utilizou-se a estimativa de que cerca de 30% do volume coletado destino é encaminhado ao aterro sanitário, que é a quantidade estimada que não pode ser recuperada no centro de triagem, de acordo com dados primários, obtidos por meio de entrevista e relatórios da ACMR.

Dos demais 70%, com base no relatório de venda por material da Associação de Coletores de Materiais Recicláveis de Florianópolis, foram alocados 10% (7% do total) como resíduos metálicos, 34% (23,8% do total) como resíduos não metálicos e 56% (39,2% do total) como papel e papelão.

A Figura 15 representa esquematicamente a rede de logística reversa que está sendo considerada para a aplicação do método, bem como o volume total e seu respectivo percentual considerado para cada um dos destinos. A Tabela 9 apresenta os volumes em cada um dos destinos.

Figura 15 – Desenho esquemático da cadeia de logística reversa considerada no modelo.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Volume de resíduos nos destinos do problema de localização.

Cidade	Volume (toneladas/ano)
Aterro Sanitário	4.145
São José	5.415
Centroide Metálicos	967
Centroide Não Metálicos	3.288

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.3.1 Determinação do custo

O custo de coleta seletiva nos centros urbanos é elevado pois os veículos possuem, em geral, capacidade limitada para circular em áreas urbanas, os volumes a serem coletados nos domicílios são pequenos e diversas paradas são necessárias para prestar esse serviço. Do centro de triagem para as empresas que comercializam resíduos ou mesmo para aterro, o material é enviado de forma consolidada, em veículos de grande porte, o que permite obter economia de escala e custos unitários de transporte mais baixos.

Utilizando o custo de coleta por tonelada conforme apresentado no SNIS para a região, podemos observar que os valores variam de R\$ 200,00 por tonelada a R\$ 400,00 por tonelada, e estimando uma média de trecho de coleta na região entre 20 e 100 quilômetros por rota, tem-se cerca de R\$ 2,00 a R\$ 20,00 por tonelada por

quilômetro de taxa de transporte nas origens. Foi considerada a média entre esses valores, R\$ 11,00 por quilômetro por tonelada.

Utilizando dados da entrevista realizada com representante da Esfera Ambiental, é estimado em R\$ 13.000,00 um frete consolidado de 22 toneladas de material reciclável para uma distância de 2.000 quilômetros, o que apresenta um valor de R\$ 0,29 por quilômetro por tonelada. De acordo com Ballou (2001), o custo unitário varia conforme a distância, e quanto maior a distância de transporte, menor é o custo unitário. Então, para esse caso, que pode ser considerado trechos muito menores de 2.000 quilômetros percorridos, sendo em média 50 quilômetros, estima-se um custo de cerca de R\$ 2,00 por tonelada por quilômetro, por uma menor economia de distância.

Com base nesses dados, foi utilizada a premissa de que o custo de transporte dos pontos de origem até o centro de triagem é cerca de cinco vezes maior do que o transporte do centro de triagem aos destinos, para todas as origens e destinos.

3.2.3.2 *Localização do centro de triagem*

Foi utilizada uma planilha Excel para a aplicação do método do centroide, que convergiu após 12 iterações. Os resultados intermediários obtidos em cada iteração podem ser vistos na Tabela 10, e partes da planilha utilizada para os cálculos é apresentada no Apêndice A. As coordenadas para o centro de triagem obtidas com o método são apresentadas na Tabela 11, em UTM, latitude e longitude, e sua localização geográfica apresentada na Figura 16.

Tabela 10 – Coordenadas X e Y de cada iteração do método do centroide.

Cidade	X (km)	Y (km)
Iteração Inicial (0)	732	6.948
Iteração 1	714	6.951
Iteração 2	727	6.948
Iteração 3	719	6.950
Iteração 4	725	6.948
Iteração 5	721	6.950
Iteração 6	724	6.949
Iteração 7	721	6.949
Iteração 8	723	6.949
Iteração 9	722	6.949
Iteração 10	723	6.949
Iteração 11	722	6.949
Iteração 12	723	6.949

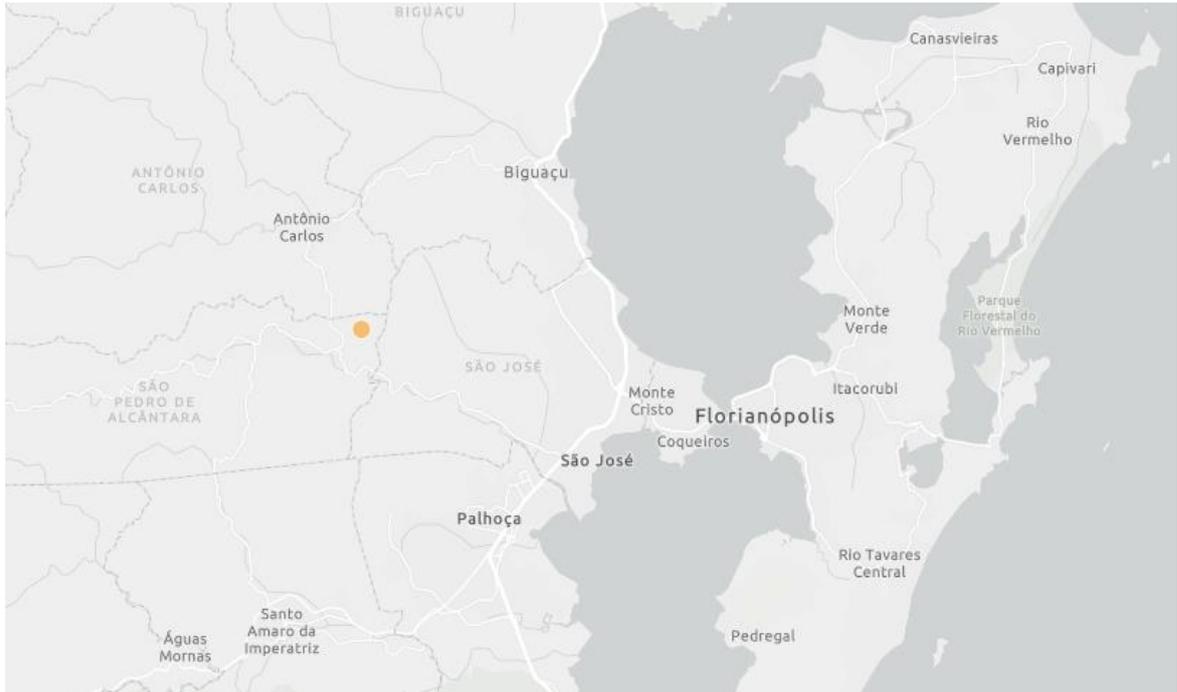
Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Coordenadas X, Y, Latitude e Longitude da localização sugerida para o centro de triagem de acordo com o método do centroide.

Cidade	X (km)	Y (km)	Latitude	Longitude
Centro de Triagem	723	6.949	-27,56	-48,74

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 – Localização do centro de triagem.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

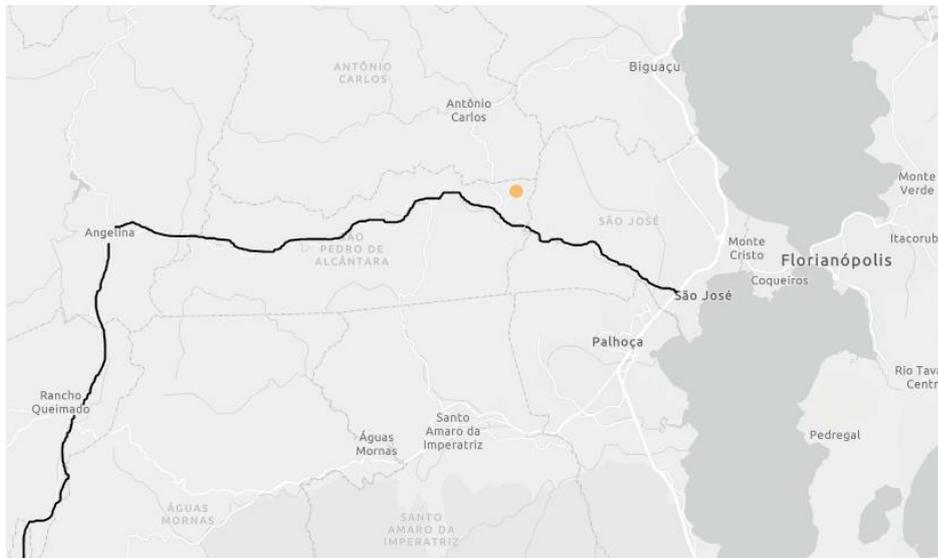
Nessa etapa do trabalho, após coleta dos dados, definição dos parâmetros a serem utilizados no método e a aplicação do método do centroide, é realizada a análise dos resultados obtidos.

4.1 O RESULTADO OBTIDO PELO MÉTODO DO CENTRÓIDE

A localização indicada usando o método do centroide está na fronteira entre os municípios de São José, Antônio Carlos e São Pedro de Alcântara. O método do centroide, por consistir em um método classificado como contínuo, apresenta as coordenadas que representam o melhor ponto para a instalação do centro de triagem, visando a minimização dos custos totais de transporte considerado a rede logística analisada. No entanto, outros fatores devem ser considerados na tomada de decisão de localização de uma nova instalação.

Um dos fatores a ser considerado é a acessibilidade do local indicado, em termos da rede rodoviária disponível na região. É possível observar que o ponto encontrado com a aplicação do método fica próximo da SC-281, uma rodovia importante e de fácil acesso para municípios da região como Palhoça, São José, Florianópolis, Antônio Carlos, São Pedro de Alcântara, Biguaçu. A rodovia também passa por municípios mais distantes do ponto escolhido, como Rancho Queimado, Angelina e Anitápolis.

Figura 17 – Destaque da rodovia SC-281 (em preto) na região de localização do centro de triagem.



Fonte: elaborado pelo autor no software PowerBI.

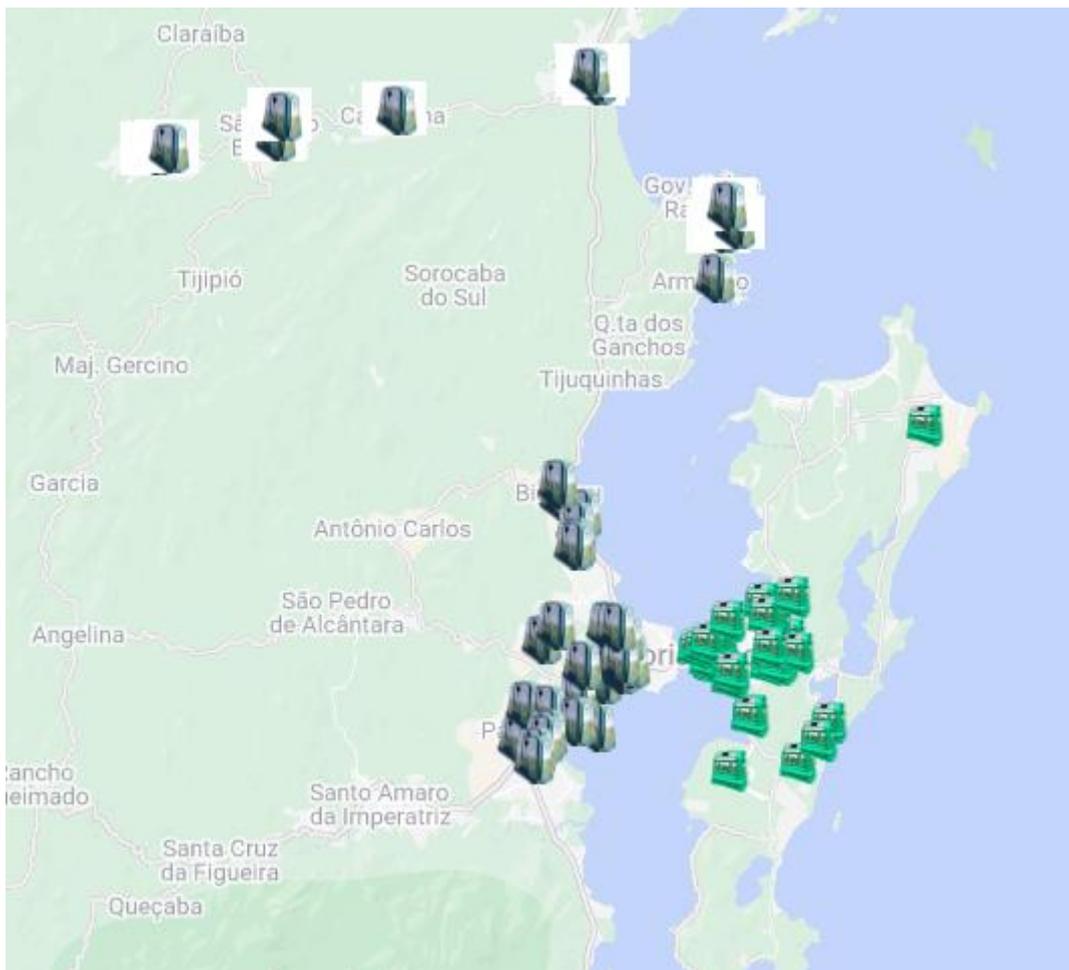
Um outro fator que influencia a definição da localização é a disponibilidade de terrenos públicos na região escolhida. Deve ser disponibilizado por algum município que faz parte do Consórcio uma área que permita a instalação de um centro de triagem com tamanho adequado para processar os resíduos dos diversos municípios. O tamanho adequado pode ser definido a partir de uma análise dos volumes de resíduos a serem processados pelo centro de triagem, cujos valores são, inclusive, estimados no presente trabalho.

Municípios mais distantes do centro de triagem podem avaliar a possibilidade de instalação de um galpão comum para armazenamento dos recicláveis para enviar ao centro de triagem volumes de resíduos consolidados de forma a reduzir os custos de transporte. Isso pode ser uma alternativa para municípios como São Bonifácio, Garopaba, Paulo Lopes e o sul da Palhoça, no sul da região metropolitana, bem como Nova Trento, São João Batista, Canelinha e Tijucas ao norte da região metropolitana, e Anitápolis, Alfredo Wagner e Leoberto Leal no oeste da região. Vale ressaltar que os volumes de resíduos produzidos nesses municípios são menores. O método do centroide pode ser replicado para essa finalidade, ou seja, um ponto de armazenagem provisória que permita a consolidação de volumes para serem posteriormente enviados ao centro de triagem.

Vale ressaltar que a visão proporcionada por uma associação ou consórcio de municípios visa a solucionar o problema para toda a região, e não de apenas um município, viabilizando assim esse tipo de iniciativa.

Além de proporcionar para a GRANFPOLIS um resultado específico a partir dessa pesquisa, referente a localização de um possível centro de triagem, é possível utilizar a planilha desenvolvida neste trabalho para outras aplicações que sejam de interesse da associação, como por exemplo, caso seja necessário localizar um galpão para armazenamento dos resíduos de vidro, referentes ao projeto dos coletores de vidro recentemente implementado na região, o programa Vidro Vira Vidro, liderado pela Veralia, que em junho/2023 possuía os PEVs espalhados na região da GRANFPOLIS conforme a Figura 18.

Figura 18 – Distribuição dos PEVs de vidro na região da Grande Florianópolis.



Fonte: Verallia (2023).

Para a aplicação da planilha nesse caso dos vidros, ou para a coleta de outros materiais a planilha desenvolvida para o presente estudo pode ser usada, informando

os novos locais de origem e de destino e valores de custos unitários praticados nesse sistema de coleta. A planilha pode ser acessada e baixada por meio do seguinte link: <https://drive.google.com/drive/folders/1f6lj4oUYfAp9Y5UNGUWol5OQ8fGWMbcV?usp=sharing>

4.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS DA CADEIA LOGÍSTICA REVERSA

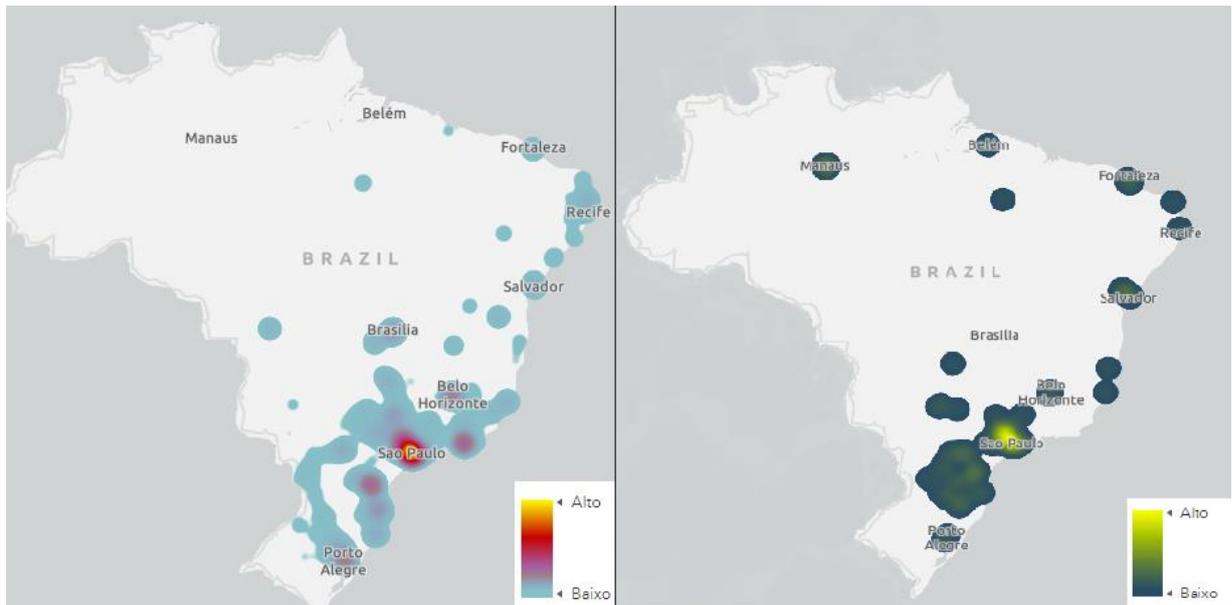
É possível observar, ao analisar a localização dos principais aparistas do Brasil, que além de estarem localizados próximos aos grandes centros urbanos, também estão próximos às indústrias de papel. Esse fenômeno acontece, pois, a atividade de triagem de resíduos pode ser caracterizada como um processo perdedor de peso, como descreve Ballou (2001). Um volume significativo dos resíduos triados é rejeito - cerca de 30%, com base nos dados de Florianópolis - logo, as empresas aparistas tendem a se localizar mais próximo das fontes de resíduos – os centros urbanos.

Além disso, vale salientar que esse mercado de resíduos é limitado geograficamente. Como afirmam Chertow, Ashton e Espinosa (2008), a comercialização dos resíduos ou sua disposição final dependerá da proximidade geográfica entre esses pontos, especialmente porque os custos de transporte impõem limites espaciais ao tornar certas trocas economicamente inviáveis. O CEO da Esfera Ambiental, que processa cerca de 800 toneladas/mês na cidade de Fortaleza, ressaltou que o mercado de resíduos de papel é regional e sua empresa foi a primeira do Ceará a revender resíduos a empresas do estado de Minas Gerais, mas o custo de transporte é elevado. O frete varia de 13 a 16 mil reais para cargas de 22 a 28 toneladas.

Essa característica de regionalidade também é observada no caso da parceria entre o Consórcio GRANFOPOLIS e a Veralia, como destacado pelo Wilson Cancian em entrevista realizada em 02/06/2023, referente às restrições econômicas para coletar os resíduos de embalagens de vidros na região oeste do estado de Santa Catarina. Como destacam Chertow, Ashton e Espinosa (2008), a disponibilidade de comercializar resíduos ao invés de descartá-los é influenciada pela proximidade geográfica, especialmente porque os custos de transporte irão limitar a viabilidade econômica para reciclagem de determinado produto. Somente com uma visão da cadeia de suprimentos e da cadeia reversa pode-se entender o mercado de resíduos

de uma determinada região. A cadeia produtiva existente na região é que viabiliza o surgimento de uma cadeia de logística reversa para um determinado material. Isso parece se confirmar ao observar a localização dos aparistas de papel e das indústrias produtoras de papel e celulose (Figura 19).

Figura 19 – Localização dos aparistas de papel e a indústria de papel.



Fonte: elaborado pelo autor usando o software PowerBI, com base nos dados do RAIS (2021) e do IBÁ (2022).

Também é possível observar que a concentração de empresas de gestão de resíduos metálicos em Santa Catarina possui uma concentração na região Norte do estado (Figura 20). Essa é a região conhecida como o polo metalmeccânico do estado (Figura 21), sendo outra evidência da simbiose industrial descrita por Chertow, Ashton e Espinosa (2008).

Figura 20 – Destaque das empresas gerenciadoras de resíduos metálicos no estado de Santa Catarina.



Fonte: elaborado pelo autor usando o software PowerBI, com base nos dados do RAIS (2021).

Figura 21 – Polos econômicos de Santa Catarina.



Fonte: No Ponto SC (2022).

5 CONCLUSÕES

Em virtude das diretrizes e estratégias apresentadas no PLANARES, é importante que os municípios estejam cada vez mais preparados para lidar com as problemáticas associadas à gestão dos resíduos sólidos. Esse trabalho de conclusão de curso trata de um problema de localização de um centro de triagem de resíduos sólidos urbanos para a região da GRANFPOLIS.

Quanto aos objetivos específicos do trabalho, foi apresentado o método do centroide, conforme Ballou (2001), sua classificação e suas etapas de realização, e considera-se que o método se mostra adequado ao caso, ou seja, determinar uma localização para uma instalação baseada nos dados de localização dos geradores de resíduos e destinos dos materiais triados.

Foram levantados e analisados os dados dos geradores de resíduos sólidos – neste caso, os municípios associados à GRANFPOLIS – bem como os agentes recicladores estabelecidos na mesma região. Um enfoque específico foi dado à cadeia reversa do papel e do papelão, por serem os resíduos recuperados mais representativos na região e pela força da indústria de papel e papelão nas regiões sul e sudeste do Brasil, o que facilita o surgimento de redes logísticas reversas para esse tipo de material.

Os dados foram levantados por meio de consulta à bases de dados oficiais, como o SNIS e o RAIS, e complementados por relatórios setoriais e entrevistas com especialistas na área. Destaca-se como limitação do trabalho a baixa confiabilidade dos dados oficiais, principalmente os do SNIS, que não são completos ou, por vezes, não parecem refletir a realidade dos municípios.

A partir dessa coleta e análise de dados, foi possível analisar o comportamento dessas variáveis geograficamente, por meio do Microsoft Power BI e a elaboração de mapas de bolha e de calor com base na geração de resíduos sólidos de cada cidade, a presença de agentes recicladores na região e até mesmo a distribuição dos aparistas de papel e a indústria de papel e celulose no cenário nacional. Além disso, com base nesses dados e nas informações obtidas nas entrevistas com especialistas, pode-se modelar o problema de forma adequada para a aplicação do método do centroide.

A aplicação do método para a resolução do problema de pesquisa foi realizada usando a planilha Microsoft Excel. A localização foi obtida após doze iterações sendo

o centro de triagem indicado em municípios associados à GRANFPOLIS. Esse resultado obtido foi então analisado e discutido no que diz respeito à acessibilidade do local, disponibilidade de terrenos e a criação de armazéns intermediários para municípios mais distantes do centro de triagem. Com isso, considera-se que o objetivo geral do trabalho foi atingido.

Todas as ferramentas utilizadas nesse trabalho e seus resultados são disponibilizados para a GRANFPOLIS, para que a organização possa registrar os resultados obtidos e utilizar das ferramentas para aplicação em outros projetos, como por exemplo, para a definição da localização de um centro de triagem para vidros, alinhado com os objetivos do projeto específico dos Pontos de Entrega Voluntários (PEVs) de vidro que se encontram espalhados pelos municípios da Grande Florianópolis.

Como sugestão para trabalhos futuros, além da aplicação do método para definição de localização de um outro tipo de instalação associada também à gestão de resíduos sólidos, é possível destacar que a definição de localização de um centro de triagem é apenas uma etapa em um projeto maior de implementação de um CT.

Outros temas dentro da Engenharia de Produção podem ser abordados para complementar o presente trabalho, como o dimensionamento do centro de triagem com base nos volumes que serão processados, que apoiaria na definição dos tipos e quantidades de postos de trabalho necessários nesse empreendimento para essa região, a elaboração de um projeto de instalação para o centro de triagem, para definir um *layout* para o processo produtivo, e uma avaliação econômico-financeira com o objetivo de identificar os recursos necessários para a implementação desse empreendimento. Uma análise dos custos logísticos de coleta também pode ser realizada até mesmo a fim de corrigir a localização definida nesse estudo, a partir de valores dos custos de coleta e transferência de resíduos praticados na região.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2022**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ALMEIDA, Ronise Nascimento de *et al.* **A problemática dos resíduos sólidos urbanos**. Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente, Aracaju, v. 2, n. 1, p. 25-36, out/2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/saude/article/view/842>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ALMEIDA AMBIENTAL. **Materiais | Almeida Ambiental**. Disponível em: <https://almeidaambiental.com.br/ambiental/materiais/>. Acesso em: 04 jun. 2023.

ANAP. **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS APARISTAS DE PAPEL**. Disponível em: <https://anap.org.br/>. Acesso em: 04 jun. 2023.

AQUINO, Israel Fernandes de; CASTILHO JR., Armando Borges de; PIRES, Thyrsa Schlichting De Lorenzi. **A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor**. Gestão da Produção, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 15-24, jan.-mar/2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n1/v16n1a03.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 1004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BHATNAGAR, Rohit *et al.* **Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia**. Journal of Business Logistics, v. 24, n. 1, p. 147-170, 2003.

BRASIL. **ELEMENTOS PARA A ORGANIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA E PROJETO DOS GALPÕES DE TRIAGEM**. Brasília, 2008. Disponível em: <https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/manualcoletaseletiva.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.107**, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm. Acesso em: 21 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Leiº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 09 abr. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.043**, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11043.htm. Acesso em: 11 jun. 2023.

CAETANO, Ana Carolina Gonçalves; LUNA, Monica Maria Mendes. **Alternativas de sistemas de coleta de resíduos de embalagens de vidro e suas implicações: o caso de Florianópolis**. In: SABATIER, María Angélica (compiladora). Desequilibrios Ambientales: Acerca de problemáticas diversas que amenazan calidad de vida y salud humana. São Paulo: Instituto Pólis, Programa Gestão Pública e Cidadania/FGV-EAESP, 2002.

CAETANO, Ana Carolina Gonçalves; LUNA, Monica Maria Mendes. **O planejamento de sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos com foco em embalagens: uma estrutura de análise da literatura**. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 8, 2017, Natal. Anais [...]. Natal: ENANPPAS, 2017.

CALDAS, Eduardo de Lima. **Formação de agendas governamentais locais: o caso dos consórcios intermunicipais**. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8131/tde-07042008-102411/publico/TESE_EDUARDO_LIMA_CALDAS.pdf. Acesso em: 21 mai. 2023.

CHERTOW, Marian R.; ASHTON, Weslyne S.; ESPINOSA, Juan C. **Industrial Symbiosis in Puerto Rico: Environmentally Related Agglomeration Economies**. Regional Studies, v. 42.10, p. 1299–1312, dez/2008.

CIM-GRANFPOLIS. **ESTATUTO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL MULTIFINALITÁRIO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS – CIM-GRANFPOLIS**. Disponível em: <https://www.granfpolis.org.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/53499>. Acesso em: 17 mar. 2023.

COELHO, Juliana Penteado; TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; JÚNIOR, Erny Lauro Meinhardt. **Centrais de triagem de resíduos (CTR): uma solução para o gerenciamento em municípios de pequeno porte**. Revista Monografias Ambientais - REMOA, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3019-3025, mar/2014.

COUTO, Maria Claudia Lima. **Modelo logístico para localização de instalações destinadas à logística reversa de embalagens pós-consumo**. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1128D.PDF>. Acesso em: 16 mar. 2023.

CRUZ, Maria do Carmo Meirelles Toledo. **Consórcios Intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente.** In: CACCIA-BAVA, Sílvia, PAULISIC, Veronika e SPINK, Peter (organizadores). *Novos contornos da gestão local: conceitos em construção.* São Paulo: Instituto Pólis, Programa Gestão Pública e Cidadania/FGV-EAESP, 2002.

DALLABRIDA, Valdir Roque; ZIMERMANN, Viro José. **Descentralização na gestão pública e estruturas subnacionais de gestão do desenvolvimento: o papel dos consórcios intermunicipais.** *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 3-28, set-dez/2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANFPOLIS. **Institucional.** Disponível em: <https://www.granfpolis.org.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/43178>. Acesso em: 18 mar. 2023a.

GRANFPOLIS. **Regimento Interno da Associação dos Municípios da Região da Grande Florianópolis - GRANFPOLIS.** Disponível em: <https://www.granfpolis.org.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/53399>. Acesso em: 18 mar. 2023b.

KUHN, Nuvea; BOTELHO, Louise de Lira Roedel; ALVES, Alcione Aparecida de Almeida. **A coleta seletiva à luz da PNRS nos estados brasileiros: uma revisão sistemática integrativa.** *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 646-669, out/2018.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e e competitividade.** 2a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação.** Hermus editora Ltda, 1995. p. 265.

MAPA, Sílvia Maria Santana; LIMA, Renato da Silva; MENDES; José Fernando Gomes. **Localização de instalações com o auxílio de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e modelagem matemática.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: ABEPRO, 2006.

MEADE, L.; SARKIS, J. **A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers.** *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 7, n. 5, p. 283–295, 2002.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **SNIS – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/snis>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. p. 25.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NO PONTO SC. **ECONOMIA DE SC TEM 2º MAIOR CRESCIMENTO DO PAÍS EM 2021**. Disponível em: <https://www.nopontosc.com.br/sc/economia-de-sc-tem-2-maior-crecimento-do-pais-em-2021/>.

OWEN, Susan Hesse; DASKIN, Mark S. **Strategic facility location: A review**. *European Journal of Operational Research*, v. 111, ed. 33, p. 423-447 dez/1998.

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS. **RESIDUÔMETRO EM TEMPO REAL**.

Disponível em:

<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/residuos/index.php?cms=residuometro+em+tempo+real&menu=0>. Acesso em: 04 jun. 2023.

PEREIRA, Henrique Nascimento *et al.* **As atividades da Logística Reversa e a Cadeia de Suprimentos do papel para embalagem**. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente da FEA/USP, 16, 2014. São Paulo. Anais [...]. São Paulo: FEA/USP, 2014.

RIBEIRO, Welton de Souza; ARROYO, Jose Elias Claudio. **Metaheurística Grasp bi-objetivo para um problema de localização de facilidades**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2008, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

SILVA, Edna Lúcia de; MENEZES, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. p.138

SONG, Q.; LI, J.; ZENG, X. **Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy**. *Journal of Cleaner Production*, v. 104, p. 199–210, 2015.

VAZ, José Carlos. **Consórcios Intermunicipais**. Dicas, São Paulo, n. 97, 1997. Disponível em: <https://fpabramo.org.br/2006/05/16/consorcios-intermunicipais/>. Acesso em: 21 mai. 2023.

VEOLIA. **Em 2019, Veolia Brasil recebeu mais de 470 mil toneladas de resíduos no CGR Biguaçu**. Disponível em:

<https://www.veolia.com/latamib/pt/noticias/em-2019-veolia-brasil-recebeu-mais-de-470-mil-toneladas-de-residuos-no-cgr-biguaçu>. Acesso em: 04 jun. 2023.

VERALLIA. **Programa Vidro Vira Vidro**. Disponível em:

https://br.verallia.com/s/vidro-vira-vidro?language=pt_BR. Acesso em: 20 jun. 2023.

APÊNDICE A – Planilha: Método do Centróide

O apêndice A ilustra alguns elementos da planilha utilizada para os cálculos dos resultados do método do centróide.

Figura 22 – Origens, volumes e custos para o método do centróide.

Categoria	Cidade	Lat.	Long.	X	Y	Volume	Custo
Origem	Florianópolis	-27,29	-48,51	745.787	6.945.739	6.095	R\$ 5,00
Origem	Palhoça	-27,65	-48,66	730.850	6.939.379	2.474	R\$ 5,00
Origem	São José	-27,58	-48,53	733.960	6.947.080	2.370	R\$ 5,00
Origem	Garopaba	-28,02	-48,62	734.002	6.898.298	540	R\$ 5,00
Origem	Biguaçu	-27,5	-48,65	732.153	6.955.984	506	R\$ 5,00
Origem	Tijucas	-27,23	-48,63	734.698	6.985.867	432	R\$ 5,00
Origem	São João Batista	-27,27	-48,84	713.820	6.981.811	378	R\$ 5,00
Origem	Governador Celso Ramos	-27,32	-48,54	743.418	6.975.721	252	R\$ 5,00
Origem	Santo Amaro da Imperatriz	-27,68	-48,77	719.935	6.936.255	233	R\$ 5,00
Origem	Nova Trento	-27,29	-48,92	705.861	6.979.730	139	R\$ 5,00
Origem	Canelinha	-27,26	-48,77	720.771	6.982.798	86	R\$ 5,00
Origem	Alfredo Wagner	-27,7	-49,33	697.209	6.934.429	50	R\$ 5,00
Origem	Águas Mornas	-27,7	-48,81	715.949	6.934.110	43	R\$ 5,00
Origem	Angelina	-27,58	-48,98	699.399	6.947.693	38	R\$ 5,00
Origem	São Pedro de Alcântara	-27,58	-48,8	717.173	6.947.390	35	R\$ 5,00
Origem	Paulo Lopes	-27,97	-48,67	729.190	6.903.934	32	R\$ 5,00
Origem	Antônio Carlos	-27,52	-48,76	721.243	6.953.968	30	R\$ 5,00
Origem	Anitápolis	-27,9	-49,13	684.051	6.912.469	29	R\$ 5,00
Origem	São Bonifácio	-27,89	-48,93	703.759	6.913.260	17	R\$ 5,00
Origem	Major Gercino	-27,41	-48,95	702.673	6.966.482	17	R\$ 5,00
Origem	Rancho Queimado	-27,67	-49,01	696.277	6.937.769	13	R\$ 5,00
Origem	Leoberto Leal	-27,5	-49,28	669.903	6.957.005	6	R\$ 5,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 23 – Destinos, volumes e custos para o método do centróide.

Categoria	Desc.	Lat.	Long.	X	Y	Volume	Custo
Destino	Aterro Sanitário	-27,36	-48,63	734.425	6.971.461	4.145	R\$ 1,00
Destino	São José	-27,58	-48,53	733.960	6.947.080	5.416	R\$ 1,00
Destino	Centróide Metálicos	-27,51	-49,74	624.448	6.956.443	967	R\$ 1,00
Destino	Centróide Não Metálicos	-27,45	-49,37	661.084	6.962.665	3.288	R\$ 1,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 – Cálculos realizados na aplicação do método do centroide.

RiViXi	RiViYi	Xi+-Xm	Yi+-Ym	di
22.726.850.334,53	211.662.003.649,44	13.447,51	2.654,98	13.707,09
9.040.250.719,41	85.836.664.154,10	1.489,49	9.014,98	9.137,21
131.157.070,52	1.302.888.709,83	32.940,49	700,98	32.947,95
125.151.350,12	1.212.364.713,04	15.166,49	1.003,98	15.199,69
115.361.686,25	1.092.238.604,45	3.149,49	44.459,98	44.571,40
107.099.356,49	1.032.613.831,73	11.096,49	5.574,02	12.417,80
97.974.572,58	990.052.197,46	48.288,49	35.924,98	60.186,24
61.468.070,46	603.821.411,55	28.580,49	35.133,98	45.290,63
61.022.758,34	604.995.421,19	29.666,49	18.088,02	34.745,89
46.574.142,60	464.069.102,85	36.062,49	10.624,98	37.595,13
20.053.881,26	208.261.423,18	62.436,49	8.611,02	63.027,50

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 25 – Cálculos realizados na aplicação do método do centroide.

Iteração 1

Origens

RiVidi	RiViXidi	RiViYidi
417.705.133,89	311.519.058.690.072,00	2.901.270.838.975.360,00
113.022.692,05	82.602.634.484.707,00	784.307.295.734.900,00
24.721.655,16	18.144.706.020.698,00	171.743.316.123.863,00
135.385.975,41	99.373.576.724.607,00	933.932.803.414.981,00
19.205.567,71	14.061.414.015.343,40	133.593.621.699.432,00
81.149.725,52	59.620.541.042.688,10	566.901.189.593.902,00
72.152.972,34	51.504.234.715.711,70	503.758.415.965.843,00
37.155.095,61	27.621.766.866.021,50	259.183.580.683.290,00
20.214.938,03	14.553.441.407.436,70	140.215.964.954.531,00
28.573.100,07	20.168.636.988.394,20	199.432.523.750.434,00
15.692.645,98	11.310.804.138.076,60	109.578.576.987.355,00
9.473.185,98	6.604.790.524.428,72	65.691.135.587.067,50
4.684.818,88	3.354.091.391.654,87	32.485.049.437.582,70
6.178.671,41	4.321.356.605.502,73	42.927.512.104.757,10
2.652.444,11	1.902.261.301.806,44	18.427.563.705.768,40
7.051.429,20	5.141.831.658.606,53	48.682.601.804.920,50
1.843.953,45	1.329.938.521.402,63	12.822.793.316.262,70
8.620.294,03	5.896.720.753.531,22	59.587.515.273.629,10
3.955.797,10	2.783.927.807.916,01	27.347.453.826.314,80
3.017.463,62	2.120.290.215.756,94	21.021.106.009.263,00
2.514.747,51	1.750.960.852.350,99	17.446.737.321.000,50
1.886.759,58	1.263.945.904.878,97	13.126.195.852.194,30
1.016.859.066,65	746.950.930.631.592,00	7.063.483.792.122.660,00

Destinos

RiVidi	RiViXidi	RiViYidi
95.992.336,19	70.499.171.507.687,60	669.206.828.060.258,00
11.298.391,76	8.292.567.615.426,96	78.490.831.421.031,60
104.627.674,54	65.334.542.108.108,30	727.836.454.126.132,00
238.941.432,07	157.960.357.676.178,00	1.663.669.146.098.540,00
450.859.834,55	302.086.638.907.401,00	3.139.203.259.705.960,00

Coordenadas Iteração 1

Xm	714.740,11
Ym	6.951.390,38

Fonte: elaborado pelo autor.

ANEXO A – Lista de Aparistas associados à ANAP

O anexo A lista as empresas associadas à ANAP (associação nacional dos aparistas).

- Metalpel Ind. Papel Ltda Me
- Capital Ind. E Com. De Resíduos De Produtos Recicláveis Ltda
- L&M Es Aparas De Papel Ltda
- Copel Ind E Com Recicláveis Ltda
- Copamig Com. De Papeis Minas Gerais Ltda
- Crb Com. De Resíduos Bandeirante
- Mg Recicla
- Berton Reciclagem E Preserv. Ambiental Berpram
- Canaã Norte Resíduos Ltda
- R Lissoni Paixao
- Riopel Ind E Com. De Aparas De Papel Ltda
- Aparas Zanona
- Dambrosi Aparas E Embalagens Ltda
- Eco Logística Comercio De Aparas Ltda
- Kapersul Ind E Com De Papeis S/A
- Plush Gerenciamento De Resíduos Ltda
- Ramos E Forte S.A
- Brr Reciclagem E Coleta Ltda
- Crr – Centro De Reciclagem Rio Ltda
- Deposito Estoril De Papéis Ltda
- Dnc Comércio De Papel Ltda
- Embapel Com. De Recicláveis
- Almeida Com. Atacadista De Resíduo De Papel E Papelao Ltda
- Recicla Ambiental
- Alto Tietê Comércio De Resíduos E Serviços Ambientais Ltda
- Aparas De Papel Tietê Ltda
- Aparas Villena Ltda
- Belini Comercio De Papel Eireli
- Bueno Gestao Ambiental Ltda

- Cbs Com. Brasileiro De Sucatas
- Color Trash Comercio De Papel Ltda
- Com. Aparas De Papel Liberdade
- Com. De Aparas Ary Villena Ltda
- Com. De Aparas De Papel Adriana
- Com. De Papéis São Judas Tadeu
- Comercio E Transporte De Aparas E Residuos Ind. Santo Antonio Ltda Me
- Com. De Sucatas Recirculo Eireli
- Cra Com. E Reciclagem De Aparas Ltda
- Crv- Centro De Importacao E Exportacao De Reciclagem De Vinhedo
- Dibpel Gerenciamento De Residuos Industriais Eirel
- Eco Primos Soluções Ambientais Ltda
- Ecopel Gestão Global De Residuos Ltda
- Egr Ambiental
- Fox Com. De Aparas Ltda
- Junpapel Ltda
- Kaper São Paulo Comércio De Papeis Ltda
- Magrin Comercial Ltda
- New Hope Ecotech Negocios Sociais E Gestão Empresarial Ltda
- Recicla Com. De Recicláveis Ltda - Epp
- Reciclagem Tietê
- Repapel Com. De Papeis Ltda
- Revita Vale Soluções Em Reciclagem Ltda
- Scrap Sociedade Comercial De Resíduos E Aparas Ltda
- Valorize Reciclagem Com.E Transporte De Derivados De Papel E Plastico
- Vicchiatti Ambiental Ltda
- Vitória Serviços Ambientais

ANEXO B – Lista de empresas associadas ao IBÁ

O anexo B lista as empresas associadas ao IBÁ (indústria brasileira de árvores).

- Adami S.A. – Madeiras
- Ahlstrom Munksjö Ltda.
- Amata S.A
- Arauco do Brasil S.A.
- Berneck S.A. Painéis e Serrados
- Blendpaper Security Papéis Especiais S.A.
- BO Paper Indústria de Papéis Ltda.
- Bracell
- Brookfield
- Caieiras Indústria e Comercio de Papéis Especiais Ltda.
- Celulose Nipo Brasileira S.A. – Cenibra
- CMPC Celulose Riograndense Ltda.
- Copapa – Cia. Paduana de Papéis
- Dexco S.A.
- Eldorado Brasil Celulose S.A.
- Eucatex S/A Indústria e Comércio
- Floraplac MDF Ltda.
- Gerdau Aços Longos S.A.
- Greenplac Tecnologia Industrial Ltda
- Guararapes Painéis S.A.
- Ibema – Cia. Brasileira de Papel
- Iguaçú Embalagens Industriais Ltda.
- Irani Papel e Embalagem S.A.
- Klabin S.A.
- Lacan Florestal
- MD Papéis Ltda.
- Melhoramentos Florestal Ltda.
- Norflor Empreendimentos Agrícolas S.A.
- Oji Papéis Especiais Ltda.

- Papyrus Indústria de Papel S.A.
- Penha Papéis e Embalagens Ltda.
- Placas do Brasil S.A.
- Plantar
- RMS do Brasil Administração de Florestas Ltda.
- Santa Maria Cia. de Papel e Celulose
- Santher – Fábrica de Papel Santa Therezinha S.A.
- Softys Brasil Ltda.
- Sonoco do Brasil Ltda.
- Stora Enso do Brasil Ltda.
- Suzano S.A.
- Sylvamo do Brasil Ltda
- Tanac S.A.
- Teak Resources Company – TRC
- TTG Brasil Investimentos Florestais Ltda.
- Unilin do Brasil Revestimentos Ltda.
- Veracel Celulose S.A.
- WestRock Celulose, Papel e Embalagens Ltda.