

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SÃO PAULO – IFSP**

**GABRIEL MEDEIROS ALMEIDA BONFIM**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE  
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECILCAGEM:  
MUNICÍPIO DE CARAGUTATUBA**

**CARAGUATATUBA -SP**

**2022**

GABRIEL MEDEIROS ALMEIDA BONFIM

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE  
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECILCAGEM:  
MUNICÍPIO DE CARAGUTATUBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia São Paulo como requisito para a obtenção do diploma de Bacharelado de Engenharia

Orientador: Prof. Dr. Jose Américo Alves Salvador Filho

Co-orientador: Prof. Jonas Leite Costa

CARAGUATATUBA -SP

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

B713e Bonfim, Gabriel Medeiros Almeida  
Estudo de viabilidade de implementação de uma usina de reciclagem: município de Caraguatatuba. / Gabriel Medeiros Almeida Bonfim. -- Caraguatatuba, 2022.  
62 f.

Orientadores: Prof. Dr. José Américo Alves Salvador Filho e Prof. Esp. Jonas Leite Costa.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Resíduos. 3. Reciclagem. 4. Meio ambiente. I. Salvador Filho, José Américo Alves, orient. II. Costa, Jonas Leite, coorient. III. Instituto Federal de São Paulo. IV. Título.

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada por Elis Regina Alves dos Santos  
Bibliotecária - CRB 8/8099

ATA N.º 13/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

**Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação**

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa da Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **ESTUDO DE VIABILIDADE IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECILCAGEM: MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA** apresentada pelo aluno **Gabriel Medeiros Almeida Bonfim (CG1701011)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. Os trabalhos foram iniciados às **16:00** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença	Aprovação/Conceito (quando exigido)
<b>Jose Americo Alves Salvador Filho</b> (Orientador)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Jonas Leite Costa</b> (Coorientador Interno)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Elaine Regina Barreto</b> (Examinador Interno)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Claudeir de Souza Santana</b> (Examinadora Externa)	IFMS Jardim	sim	Aprovado
<b>Observações:</b> Deverão ser realizadas correções no texto conforme indicado pela banca avaliadora antes da entrega do texto final.			

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado

Reprovado

Nota (quando exigido): N/E

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

CARAGUATATUBA / SP, 18/02/2022

\_\_\_\_\_  
**Jose Americo Alves Salvador Filho**

\_\_\_\_\_  
**Jonas Leite Costa**

\_\_\_\_\_  
**Elaine Regina Barreto**

\_\_\_\_\_  
**Claudeir de Souza Santana**

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Americo Alves Salvador Filho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 16:50:07.
- **Jonas Leite Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 16:53:56.
- **Elaine Regina Barreto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 18:50:59.
- **Claudeir de Souza Santana**, 02098623194 - Pessoa Externa, em 20/02/2022 23:27:32.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 299417  
Código de Autenticação: 0604260890



## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos professores orientadores, Prof. Dr. José Américo Alves Salvador Filho e Prof. Jonas Leite Costa, que durante quase um ano me acompanharam pontualmente, dando todo o auxílio necessário para a elaboração do projeto.

Aos professores do curso de Engenharia Civil que através dos seus ensinamentos permitiram que eu pudesse hoje estar concluindo este trabalho.

Aos meus pais, irmão e demais familiares que me incentivam a cada momento.

## RESUMO

A deposição irregular de Resíduos de Construção e Demolição traz diversos impactos negativos, como implicações na paisagem local, perturbação do tráfego de pedestres e veículos, assoreamento de rios, córregos e lagos, aumentando o risco de inundações e contaminação do meio ambiente. Devido a todos os impactos negativos mencionados, evitar o descarte ilegal desses materiais representa um desafio que todo município precisa enfrentar. Nesse sentido, uma Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição pode contribuir como destino ideal para esses resíduos, além disso, o comércio de materiais recicláveis torna o projeto economicamente viável. Caraguatatuba, SP, também lida com esse problema utilizando aterros sanitários como em outras cidades, mas a implantação da Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição poderia ser uma alternativa melhor. Pensando nisso, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e ambiental da implantação desse modelo de usina no município de Caraguatatuba. Por meio de uma revisão bibliográfica de artigos científicos e outros documentos publicados sobre o tema, é possível determinar os aspectos que o uso de tal medida pode influenciar a região. Durante o estudo notou-se que não só a legislação permite a implementação de um Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição como também incentiva projetos deste tipo. Foi feita uma análise das características físicas do município com base nos critérios necessários para a instalação da usina e por meio de mapas sobrepostos foram encontradas as áreas favoráveis ao uso para esse fim. Com isso, obteve-se um estudo bem definido que apresenta as características técnicas relacionadas à usina de reciclagem, caracteriza o município de Caraguatatuba quanto à questão do Resíduos de Construção e Demolição e demonstra que, dentro dos aspectos estudados, é viável a implantação de um Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no município.

**Palavras-chave:** Resíduos. Reciclagem. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

*The irregular deposition of Construction and Demolition Waste carries several negative impacts such as implications on the local landscape, disturbance pedestrian and vehicle traffic, silting up rivers, streams and lakes, increasing the risk of flooding and contamination of the environment. Due to all the mentioned negative impacts, preventing illegal disposal of these materials represents a challenge with every municipality needs to deal with. In this regard, a Construction and Demolition Waste Recycling Plant can contribute as an ideal destination for these waste, furthermore, the trade in recyclable materials makes project economically viable. Caraguatatuba, SP, also deals with this problem using sanitary landfills as other cities do, but the Construction and Demolition Waste implementation could be a better alternative. With that in mind, this work aims to evaluate the technical and environmental feasibility of implementing this model of plant in the municipality of Caraguatatuba. Through a literature review of scientific papers and other documents published on the subject, it is possible to determine the aspects that the use of such a measure can influence the region. During the study it was noted that not only the legislation allows the implementation of a Construction and Demolition Waste but also encourages projects of this type. An analysis was made regarding the physical characteristics of the municipality based on the criteria necessary for the installation of the plant and by means of overlapping maps, the favorable areas for use for this purpose were found. With this, a well-defined study was obtained that presents the technical characteristics related to the recycling plant, characterizes the municipality of Caraguatatuba regarding the issue of Construction and Demolition Waste and demonstrates that, within the studied aspects, it is feasible to implement a Construction and Demolition Waste Recycling Plant in the municipality.*

**Keywords:** *Waste. Recycling. Environment.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Entulhos localizados em diversas regiões do município de Caraguatatuba.....	12
Figura 2 - Linha do tempo das principais legislações sobre RCD .....	23
Figura 3 - Centro de Triagem e Área de Transbordo e Triagem da Construção Civil do Pegorelli .....	28
Figura 4 - Central de Transbordo e Área de Triagem e Transbordo de Resíduos da Construção Civil .....	28
Figura 5 - Localização das ATT .....	29
Figura 6 - Área 01 – Jardim do Sol .....	29
Figura 7 - Área 02 – Jetuba .....	29
Figura 8 - Área 03 – Jetuba .....	30
Figura 9 - Ecoponto da Martin de Sá.....	31
Figura 10 - Localização dos Ecopontos.....	32
Figura 11 - Resíduos triturados empilhados em terreno.....	33
Figura 12 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – LAY OUT PLANTA BAIXA .....	36
Figura 13 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – CORTE AA .....	37
Figura 14 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – CORTE BB .....	37
Figura 15 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – FOTOGRAFIA.....	37
Figura 16 - Usina de Reciclagem de Entulho – Semimóvel.....	39
Figura 17 - Usina de Reciclagem de Entulho – Móvel .....	40
Figura 18 - sistema aberto. ....	40
Figura 19 - sistema fechado.....	41
Figura 20 - sistema planta de segunda geração .....	42
Figura 21 - Mapa de declividade .....	48
Figura 22 – Polígono de contorno da Rede Hidrográfica.....	49
Figura 23 - Polígono de contorno do sistema viário de Caraguatatuba.....	50
Figura 24 – Área de vegetação natural .....	51
Figura 25 - Área Urbana de Caraguatatuba .....	52
Figura 26 - Sobreposição de imagens.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de materiais por hora ou por ano em função da área requerida.....	44
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes dos Resíduos de Construção Civil.....	21
Quadro 2 - Destinação dos RCD .....	22
Quadro 3 - Produção de Resíduos Sólidos Inertes (Continua) .....	30
Quadro 4 - Equipamentos de uma URRCD (Continua) .....	34
Quadro 5 - Legenda do projeto de uma planta fixa .....	38

## LISTA DE SIGLAS

ATT	Área de Transbordo e Triagem
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAIA	Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental
DADETUR	Departamento de Apoio ao Desenvolvimento dos Municípios Turísticos
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais
DUSM	Departamento de Uso do Solo Metropolitano
FAÇO	Fábrica de Faço Paulista
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NBR	Norma Brasileira
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Caraguatatuba
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
URRCD	Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1.	APRESENTAÇÃO .....	11
1.2.	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	13
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	14
1.4.	PROBLEMA .....	14
1.5.	HIPÓTESE .....	14
1.6.	OBJETIVOS .....	15
<b>1.6.1.</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.6.2.</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
2.1.	MÉTODO CIENTÍFICO.....	16
2.2.	CLASSIFICAÇÕES DA PESQUISA .....	17
<b>2.2.1.</b>	<b>Natureza .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Abordagem.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.4.</b>	<b>Procedimentos Técnicos.....</b>	<b>18</b>
2.3.	ETAPAS.....	18
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
3.1.	CONCEITOS FUNDAMENTAIS .....	20
3.2.	LEGISLAÇÕES QUE ABRANGEM OS RCD .....	22
<b>3.2.1.</b>	<b>Legislação Federal.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Legislação Estadual.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Legislação Municipal .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.4.</b>	<b>Normas .....</b>	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CARAGUATATUBA .....</b>	<b>27</b>
4.1.	ÁREA DE TRANSBORDO DE TRIAGEM EM CARAGUATATUBA .....	27
4.2.	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL .....	30
4.3.	ECOPONTOS.....	31
4.4.	USINA DE RECICLAGEM .....	33
<b>5.</b>	<b>Funcionamento de uma URRCD .....</b>	<b>34</b>

5.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	34
<b>5.1.1.</b>	<b>Tipologia de plantas para beneficiamento de resíduos de classe A .....</b>	<b>35</b>
5.1.1.1.	Plantas Fixas.....	36
5.1.1.2.	Plantas semimóveis .....	38
5.1.1.3.	Plantas móveis.....	39
5.1.1.4.	Plantas de primeira geração.....	40
5.1.1.5.	Plantas de segunda geração .....	41
5.1.1.6.	Plantas de terceira geração .....	42
5.2.	FATORES DETERMINANTES PARA A LOCALIZAÇÃO IDEAL .....	43
<b>6.</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DE UMA URRCD.....</b>	<b>45</b>
6.1.	ANÁLISE LEGAL.....	45
6.2.	DIMENSIONAMENTO DE UMA URRCD .....	46
6.3.	ESTUDO DO ESPAÇO FÍSICO DE CARAGUATATUBA.....	47
<b>6.3.1.</b>	<b>Declividade de terreno .....</b>	<b>47</b>
<b>6.3.2.</b>	<b>Rede de Drenagem.....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.3.</b>	<b>Sistema Viário.....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.4.</b>	<b>Área de Vegetação Natural.....</b>	<b>50</b>
<b>6.3.5.</b>	<b>Área de Ocupação Urbana .....</b>	<b>52</b>
<b>6.3.6.</b>	<b>Análise de sobreposição de imagens .....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>Referências .....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO

O município de Caraguatatuba é caracterizado por ter suas atividades econômicas voltadas ao turismo. Isso ocorre devido a geologia do local, que, por se tratar de uma cidade litorânea, dispõe de praias que atraem pessoas de diversas localidades à cidade, principalmente nos meses com maiores temperaturas.

No último censo estatístico realizado (BRASIL, 2010), a população era de 100.840 pessoas, onde nesse mesmo senso foi realizado uma estimativa para 2020 e o valor encontrado foi de 123.389 habitantes, ou seja, um aumento de mais de 20%. Além disso, de acordo com dados do Departamento de Apoio ao Desenvolvimento dos Municípios Turísticos, no réveillon o número de pessoas no município pode chegar a 500 mil e no período entre o Natal e o Carnaval pode chegar a ter um milhão de pessoas instaladas na cidade (DADETUR, 2020).

Como consequência da procura por habitações no município, a construção civil é impactada diretamente por essa demanda. Atualmente, verifica-se na cidade uma expansão tanto horizontal como vertical. O aumento do número de obras no município contribui, conseqüentemente, para o aumento de resíduos sólidos gerados pelas atividades de construção e demolição.

Embora haja esse aumento da quantidade de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), estudos como os de Burgo et al. (2002) e Pereira e Boulomytis (2014) indicam uma ausência de locais para a destinação adequada de RCD no município de Caraguatatuba.

Pereira e Boulomytis (2014) ressaltam que essa ausência é de responsabilidade tanto do setor público quanto do privado, afirmando que o primeiro erra pelo gerenciamento de RCD e na definição de um local legal para o descarte, enquanto, no setor privado, há muitos “caçambeiros” não regularizados, que depositam materiais em locais incorretos. Neste último caso vale destacar que os contratantes não se consideram responsáveis pela destinação dos materiais de suas obras.

De acordo com Burgo et al. (2002), pela característica inerte dos materiais de classe A de falta de decomposição biológica – diferente dos materiais orgânicos que podem putrefazer - há uma menor comoção por parte da população com o descarte de forma irregular desses materiais, ainda que eles liberem substâncias que agridam o meio ambiente como

Dicloroetano, Metileno clorado, Cádmio, Ferro, Chumbo e Manganês, encontrados em aterros para RCD citadas pelo autor.

O autor ainda cita que métodos tradicionais de construção civil e a baixa especialização também são agravantes para o aumento do volume de resíduos. No município de Caraguatatuba um dos locais de deposição irregular de materiais está no bairro Rio do Ouro, localizado em região próxima à encosta da serra, sendo um local mais elevado que a faixa urbana e, devido a isto, uma área mais exposta a erosões e deslizamentos. Além disso, próximo a esta área se encontra a nascente do Rio Santo Antônio, que fica vulnerável ao risco de contaminação devido à disposição inadequada de resíduos sólidos (BURGO, COSTA, *et al.*, 2002).

Além da região citada por Burgo (2002), outros bairros do município apresentam descarte irregular. Ao visitar diversas regiões, é possível observar entulho principalmente em bairros onde há a presença de muitas construções, como pode ser observado na **Figura 1**.

**Figura 1 - Entulhos localizados em diversas regiões do município de Caraguatatuba**



**Fonte – arquivo pessoal do autor<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup> Fotografias feitas nos bairros do Balneário dos Golfinhos, Balneário Recando do Sol, Porquê-Mirim e Rio do Ouro, respectivamente.

Outros impactos negativos causados pelo descarte inadequado de RCD são: comprometimento de paisagem do local, perturbação do tráfego de pedestres e veículos, aumento no processo de assoreamento de rios, córregos e lagos, entupimento da drenagem urbana, aumentando o risco de enchentes, além de incentivarem a deposição de outros resíduos urbanos nesses locais, podendo acarretar a multiplicação de vetores de doenças, além de que é possível encontrar em entulhos materiais que podem agredir o meio ambiente, como cimento amianto, gesso de construção e outros resíduos químicos, prejudicando a saúde da população da região (CABRAL e MOREIRA, 2011).

Para que haja uma destinação adequada de RCD, pode-se adotar a alternativa de reciclagem desses materiais produzidos na região do Litoral Norte, que engloba os municípios de Caraguatatuba, São Sebastião, Ubatuba e Ilha Bela. Na Resolução nº 307 do CONAMA (2002) é enfatizada a necessidade de reciclagem de RCD, uma vez que o processo de fabricação de um material reciclado causa impactos ambientais menores que a extração do material natural. Além disso, como uma quantia significativa dos resíduos sólidos urbanos são gerados pela construção civil, reduzir a quantidade de materiais que iriam para um aterro por meio da reciclagem pode proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Cada vez mais municípios têm adotado a medida de implantação de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (URRCD). Miranda et al. (2009) avaliou que entre os anos de 2002 e 2008 houve um aumento de 16 para 47 unidades no país. O autor destaca que o aumento de implantação de URRCD ocorreu após a vigência da resolução nº 307 do CONAMA (2002). Contudo, mesmo com o auxílio do documento normativo, boa parte dessas usinas utilizam um sistema simples de reciclagem, gerando materiais pouco padronizados e de baixa qualidade, prejudicando seu desempenho.

## 1.2. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho aborda uma análise da viabilidade técnica de implantação de uma URRCD no município de Caraguatatuba. Para tanto, será considerada as legislações relacionadas a RCD, produção desse material no município e as características físicas da região, como de infraestrutura, topografia e hidrografia.

Para realizar a análise da viabilidade, foram avaliados aspectos legais, ambientais e técnicos, tais como: legislação que abrange os RCD, demanda e localização.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

O município de Caraguatatuba possui problemas para destinação resíduos sólidos produzidos pelas atividades de construção civil. Dentre esses problemas, há o descarte ilegal, a separação de materiais e a falta de aproveitamento dos mesmos.

A implantação da URRC, seguindo as normas requisitadas e a resolução nº 307 do CONAMA, traz como destinação do RCD a reciclagem ao invés do simples descarte em aterros específico para resíduos de construção.

Sendo assim, espera-se que a implantação de uma URRC possa ser uma solução sustentável, além de poder promover o emprego, desenvolvimento tecnológico, redução da acumulação de entulho e colaborar para o reaproveitamento de materiais.

### 1.4. PROBLEMA

Como reduzir o volume de RCD depositados de forma inadequada em aterros no município de Caraguatatuba?

### 1.5. HIPÓTESE

A implantação de uma URRC no município é um local adequado para a deposição desses materiais que antes seriam descartados de maneira irregular, além que possibilita a produção de novos materiais para uso na construção civil.

## 1.6. OBJETIVOS

### 1.6.1. Objetivo geral

Avaliar a viabilidade técnica e ambiental de implantação de uma URRCD no município de Caraguatatuba.

### 1.6.2. Objetivos específicos

- Analisar as legislações e normas no que tange à destinação de resíduos sólidos;
- Investigar o funcionamento de uma URRCD;
- Caracterizar uma usina adequada para município de Caraguatatuba com base na bibliografia estudada;
- Avaliar se os aspectos físicos da região que permitem a instalação de uma URRCD;

## 2. METODOLOGIA

### 2.1.MÉTODO CIENTÍFICO

Para trazer sustentação a hipótese que gerou essa pesquisa, foi adotado como base o método hipotético dedutivo. De acordo com Popper (2013), esse método é baseado na falsificacionismo, onde teorias científicas empíricas nunca podem ser provadas, mas sim testadas continuamente buscando sua falseabilidade. O autor do método afirma que:

(...) só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação, não a verificabilidade, mas a falseabilidade de um sistema. Em outras palavras, não exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico. (Assim, o enunciado “Choverá ou não choverá aqui, amanhã”, não será considerado empírico, simplesmente porque não admite refutação, ao passo que será considerado empírico o enunciado “Choverá aqui, amanhã”) (POPPER 2013, p. 42).

Seguindo essa lógica, a hipótese utilizada para essa pesquisa pode ser considerada como empírica por poder ser falseada. Como exemplo há a possibilidade de a legislação municipal não permitir a implantação de tal empreendimento, o município pode não possuir um local adequado para a URRCD, a implantação da URRCD na região pode não ser economicamente viável ou há a possibilidade de a produção de resíduos não ser o suficiente para justificar o investimento no projeto.

Dessa forma, ao longo da pesquisa as hipóteses serão averiguadas. Caso uma hipótese seja falseada, ela permite que outra teoria seja feita contrapondo a anterior. Caso a hipótese não seja falseada ao longo do estudo, segundo o modelo hipotético-dedutivo, haverá infinitas formas de se buscar falsear a hipótese, de modo que outras pesquisas poderão ser feitas podendo falsear a afirmativa no futuro.

Isso faz com que o debate esteja sempre em desenvolvimento. Caso a pesquisa conclua que a implementação de uma URRCD seja benéfica para a cidade, no futuro, com o surgimento

de novos métodos e novas tecnologias, a afirmação poderá ser refutada em favor de uma nova hipótese.

## 2.2.CLASSIFICAÇÕES DA PESQUISA

Quanto à classificação da pesquisa, Silva e Menezes (2005) apresentam as classificações clássicas em quatro categorias, sendo elas quanto a natureza, à abordagem, aos objetivos e aos procedimentos técnicos.

### 2.2.1. Natureza

Quanto à natureza, o estudo se classifica como pesquisa aplicada, pois tem o intuito de resolver problemas existentes na comunidade local e de aplicação prática.

### 2.2.2. Abordagem

Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa, pois houve um levantamento dos problemas gerados pela falta da implementação de uma solução para os RCD produzidos no município. Com isso foi feita a apresentação técnica da URRCD como solução para esses problemas, assim como os dados obtidos são descritos e discutidos ao longo do estudo.

### 2.2.3. Objetivos

No âmbito dos objetivos, a pesquisa possui teor exploratório. De acordo com Mascarenhas (2012, p. 44) essa tipologia de pesquisa tem como objetivo trazer maior clareza

ao problema estudado. Caracterizado pela construção de hipóteses e o uso de práticas como levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema e análises de exemplos. Além do uso de métodos que se adequam ao modelo de pesquisa, a pesquisa em questão se encaixa ao modelo de pesquisa exploratória devido ao levantamento de dados sobre os resíduos de construção e práticas de reciclagem, trazendo maior familiaridade com a problemática.

#### **2.2.4. Procedimentos Técnicos**

Será realizado uma pesquisa bibliográfica, com a finalidade de se entender o funcionamento da URRCD, assim como o processo de dimensionamento do modelo de reaproveitamento de materiais e sua capacidade de reciclagem.

Durante esse estudo, todo conteúdo teórico referente a características necessárias na região para implantação de uma URRCD serão utilizados para criação de mapas confeccionados através do software QGIS. Com isso, utilizando o mesmo software, será confeccionado com as informações dos mapas anteriores sobrepondo os dados, com o intuito de localizar quais são as melhores áreas do município para aplicação de uma URRCD.

Em relação ao estudo regional, serão adotadas duas metodologias, a primeira se trata de uma avaliação formativa do atual modelo de destinação espaço aos resíduos de demolição de construção civil, a segunda está relacionada a pesquisa documental, estudando as leis municipais e plano diretor da cidade, com o intuito de se analisar como a prefeitura regional impactaria um possível projeto.

### **2.3. ETAPAS**

- Pesquisa documental da legislação vigente: análise das legislações e normas relacionadas aos RCD, avaliando se essas permitem a implementação de tal empreendimento no município;

- Levantamento de dados da região: com base em documentos oficiais da prefeitura, entender qual é a situação de manejo dos RCD na região, assim podendo entender qual é o grau de necessidade da implementação da usina na localidade
- Revisão bibliográfica de artigos e estudos técnicos de URRCD: com a finalidade de determinar a tipologia de usinas de reciclagem e apresentar um modelo de URRCD que possa ser utilizado no estudo;
- Dimensionamento de uma URRCD: a partir do modelo determinado anteriormente, será feito o estudo de caso com esse modelo para o município.
- Confecção de mapas indicando os locais apropriados para a instalação de uma URRCD;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Os principais conceitos técnicos relacionados as URRCDD foram estabelecidos pelo CONAMA nas Resoluções nº 307 (2002) e nº 448 (2012), que abordam não só os RCD, como, também estabelecem diretrizes para os RCC em geral. Sendo assim, pode-se destacar as seguintes definições:

- **Resíduos da construção civil (RCC)** – é o material originado de obras de construção civil, podendo ser de construções, reformas, reparos e demolições, e resultantes do preparo e escavações de terrenos. Alguns exemplos são tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002);
- **Geradores** – é todo indivíduo, físico ou jurídico, responsáveis por atividades ou empreendimentos que produzem RCC, dentro da esfera do meio público ou privado (BRASIL, 2002);
- **Agregado reciclado** – é o produto do beneficiamento de RCC, cujas características são satisfatórias para seu uso em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia (BRASIL, 2002);
- **Reutilização** – é o método de reaplicação do material, sem que esse tenha sido submetido a um processo de transformação (BRASIL, 2002);
- **Reciclagem** – é o método de reaproveitamento do material, de forma que esse tenha sido submetido a um processo de transformação (BRASIL, 2002);
- **Beneficiamento** – é o processo de utilizar técnicas ou operações em materiais de forma que esses se tornem um produto ou uma matéria prima (BRASIL, 2002);
- **Aterro de resíduos classe A de reserva de material para usos futuros** – é a área técnica destinada a locação de RCC no solo devidamente licenciada pelo órgão público ambiental competente. Deve ter como objetivos armazenar a maior quantidade de material

no menor volume possível e não ser responsável por prejudicar a saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2012);

- **Áreas de Transbordo e Triagem de resíduos de construção** – são os locais destinados ao recebimento de RCC de forma que esse material não possa apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente, realizando a triagem, coleta e remoção (BRASIL, 2012);
- **Gerenciamento de resíduos sólidos** – é definido como um conjunto de atividades, diretas ou indiretas, nos ciclos de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final de resíduos sólidos de forma coerente ao plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2012);

**Quadro 1 - Classes dos Resíduos de Construção Civil**

<b>Classe</b>	<b>Definição</b>	<b>Exemplos de materiais</b>
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	Materiais para pavimentação, edificações, componentes cerâmicos, argamassa, concreto.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras finalidades.	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens de tinta vazia imobiliárias e gesso.
Classe C	Resíduos onde não há aplicação ou tecnologias que permitem sua reciclagem ou recuperação.	Lixas, massa corrida, massa de vidro etc.
Classe D	Resíduos definidos como perigosos.	Tintas, solventes, óleos, e telhas que contenham amianto

Fonte: BRASIL, 2002.

Nesse contexto, a resolução nº 307 (BRASIL, 2002) definiu etapas necessárias que devem estar presentes no plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o manuseamento dos RCC em obras:

- **Caracterização:** identificação e qualificação dos resíduos feitos pelo gerador;
- **Triagem:** separação dos resíduos de acordo com a classe aos quais pertencem;

- **Acondicionamento:** confinamento dos resíduos para transporte, de forma que esses não percam a capacidade de serem reutilizados ou reciclados.
- **Transporte:** locomoção dos resíduos até o local adequado, respeitando as normas relacionadas a transporte de resíduos.
- **Destinação:** local ideal onde deve ser depositado os resíduos.

A destinação adequada varia de acordo com a classe ao qual pertence o resíduo, apresentada no **Quadro 2** abaixo:

**Quadro 2 - Destinação dos RCD**

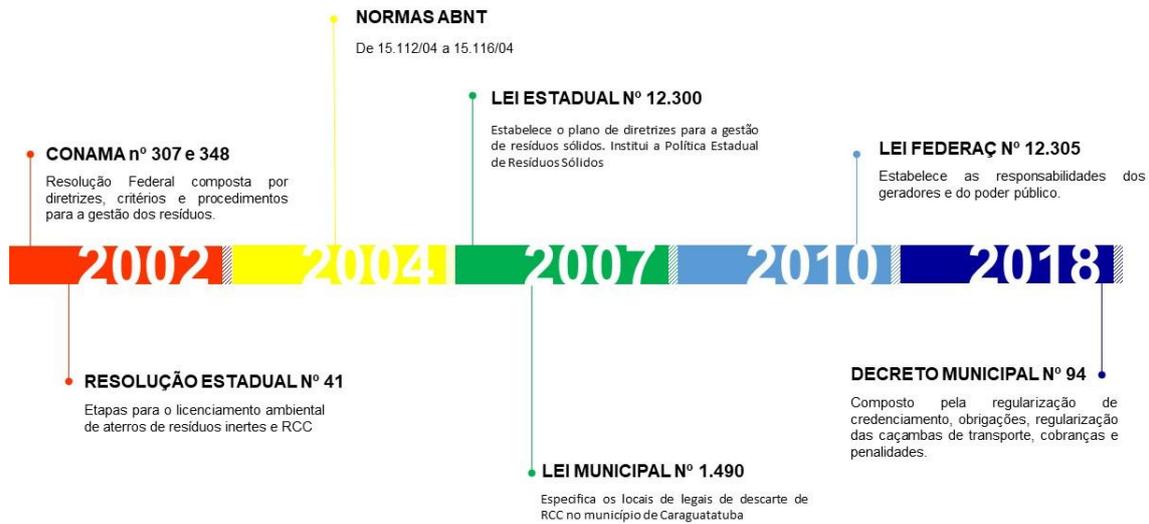
CLASSES	DESTINAÇÃO
A	Tem a obrigação de passar pelo processo de reutilização ou reciclagem na forma de agregados reciclados, ou destinados a aterro de resíduos classe A, para que possam ser armazenados para utilização futura.
B	Tem a obrigação de passar pelo processo de reutilização ou reciclagem na forma de agregados reciclados, ou destinados a áreas de armazenamento temporário, para que possam ser utilizados ou reciclados posteriormente.
C	Tem a obrigação de ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas relacionadas a esses procedimentos.
D	Tem a obrigação de ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas relacionadas a esses procedimentos.

Fonte: BRASIL, 2002.

### 3.2. LEGISLAÇÕES QUE ABRANGEM OS RCD

Nesse tópico serão abordadas as principais legislações relacionadas aos RCD, ordenadas pelas suas datas de publicação, separando as legislações quanto a sua abrangência, podendo ser do governo Federal, Estadual ou Municipal. Em seguida, serão apresentadas as normas da ABNT relacionadas ao tema.

**Figura 2 - Linha do tempo das principais legislações sobre RCD**



**Fonte: Arquivo pessoal do autor**

### 3.2.1. Legislação Federal

No Brasil, as discussões sobre a destinação de RCD foram intensificadas no fim da década de 1990, quando o CONAMA reuniu representantes de diversas áreas - setor público, organizações não governamentais, academia e construtoras -, com o objetivo de lidar com a problemática dos RCD. Dessa reunião, originou-se a resolução nº 307 do CONAMA, em 5 de julho de 2002 (CUNHA, 2007).

Desde então, foram publicados diversos instrumentos legais que contribuem para o planejamento e a implantação de sistemas sustentáveis para a gestão de RCD no Brasil.

- **Resolução do CONAMA n. 307**, de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002):

De acordo com a resolução, os geradores são responsáveis pelos resíduos decorrentes de processos de construção, reforma, reparos, remoção de vegetação e escavação do solo, sendo que os geradores podem contratar empresas para a realização dessas atividades. A resolução ainda especifica que a regulamentação das atividades relacionadas a resíduos deve ser feita pelo município, visando a preservação dos recursos naturais e estimulando a criação de locais receptores de resíduos.

O documento aborda a viabilidade técnica e econômica na produção e uso de materiais reciclados e que as atividades desse âmbito trazem benefícios nos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Também traz diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos e redução dos impactos ambientais.

Além disso, é na resolução 307 (BRASIL, 2002) que houve a definição de datas e metas direcionadas a geradores de resíduos e órgãos municipais. Os primeiros teriam até janeiro de 2005 para incluir os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção nos projetos de obras que seriam submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, enquanto os municípios deveriam apresentar políticas legais para os resíduos até julho de 2004.

- **Resolução do CONAMA n 348**, de 16 de agosto de 2004 (BRASIL, 2004):

Adiciona o amianto a classe D de RCC, fazendo com que o material seja considerado um resíduo perigoso por ser potencialmente danoso à saúde.

- **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010):

Estabelece diretrizes para a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Estabelece a responsabilidade dos geradores, do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### 3.2.2. Legislação Estadual

- Resolução nº 41 da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo, de 17 de outubro de 2002 (SÃO PAULO (ESTADO), 2018)

Essa resolução dispõe etapas para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e RCC no Estado de São Paulo em relação localização, instalação e operação no âmbito dos órgãos da Secretaria do Meio Ambiente. Para isso, o aterro deve cumprir com as normas técnicas e necessidades estabelecidas pelo Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (DAIA), Departamento de Uso do Solo Metropolitano (DUSM), Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

- **Lei nº 12.300**, de 16 de março de 2006 (SÃO PAULO (ESTADO), 2006):

Estabelece o plano de diretrizes para a gestão de resíduos sólidos. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

### 3.2.3. Legislação Municipal

- **Lei nº 1490**, 26 de novembro de 2007 (CARAGUATATUBA, 2007):

Esta lei especifica os locais legais para destinação de RCC e determina a proibição do descarte dos resíduos de construção nos locais de deposição de demais resíduos urbanos, como “áreas de ‘bota fora’”, encostas, corpos d’água, lotes vagos, em passeios, vias e outras áreas públicas e em áreas protegidas por Lei (CARAGUATATUBA, 2007).

Em relação ao uso dos resíduos originados pelas áreas de reciclagem, é estipulado no artigo 12º da lei nº 1490, artigo 12º, 1º parágrafo primeiro:

O Poder Executivo Municipal regulamentará as condições de obrigatoriedade de uso destes resíduos, na forma de agregado reciclado, em obras públicas de infraestrutura (revestimento primário de vias, camadas de pavimento, passeios e muração públicos, artefatos, drenagem urbana e outras) e obras de edificações (concreto, argamassas, artefatos e outros) (CARAGUATATUBA (SP), 2007, p []).

- **Decreto nº 994**, 09 de novembro de 2018 (CARAGUATATUBA, 2018)

Dispõe sobre o plano de gerenciamento de resíduos da construção civil e volumosos – RCC e dá outras providências – tem como objetivo o cumprimento de normas e princípios que regem a Administração Pública, composto pela regularização de credenciamento, obrigações, regularização das caçambas de transporte, cobranças e penalidade.

### 3.2.4. Normas

Com o objetivo incentivar o uso de RCC, em 2004 a Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT) publicou um conjunto de normas baseadas nas diretrizes presentes nas resoluções do CONAMA 307. As normas seguem da NBR 15.112 a 15.116/2004 e seus objetivos são:

- **NBR 15.112/04**. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: a norma

classifica os resíduos nas classes A, B, C ou D (tabela 1) e estabelece condições de implantação de projetos quanto a ao isolamento, identificação, equipamentos de segurança, sistemas de proteção ambiental e condições para pontos de entrega de pequenos volumes.

- **NBR 15.113/04.** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: a norma apresenta critérios para localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.
- **NBR 15.114/04.** Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: é citado no corpo da norma que o intuito da norma é de fixar “requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A”, estabelecendo critérios de localização, isolamento, sinalização, iluminação, proteção das águas sapecais e preparo da área de operação.
- **NBR 15.115/04.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação: a norma estabelece requisitos para a execução das camadas de pavimentação com agregados reciclados, apresentando os requisitos que os materiais e equipamentos devem obedecer para execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.
- **NBR 15.116/04.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentos e preparo de concreto sem função estrutural: a norma apresenta os requisitos para o uso dos agregados em pavimentos e concreto sem função estrutural.

#### **4. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CARAGUATATUBA**

Em 2013 a prefeitura de Caraguatatuba publicou o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Caraguatatuba (PMGIRS) com o intuito de dedicar-se aos serviços de limpeza para diversas classes de resíduos urbanos, incluindo os RCC. No documento, estão dispostas as descrições do cenário da região para a época da publicação, metas, metodologia de elaboração, estimativas e ações relacionadas ao cenário dos resíduos.

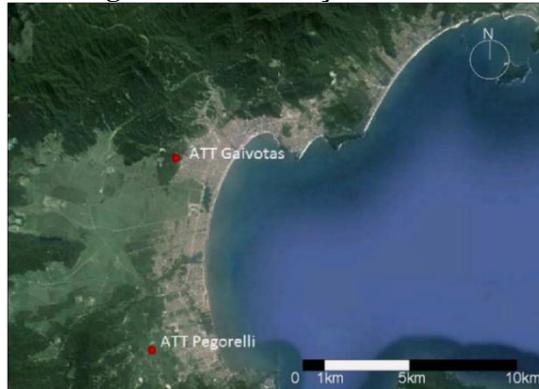
De acordo com o PMGIRS (CARAGUATATUBA, 2013), até o ano de 2006, os RCC não eram separados dos demais resíduos urbanos. Estes resíduos eram destinados a um vazadouro, também conhecido como “lixão”, localizado em um espaço particular “Fazenda Serramar”. De acordo com o documento, no ano em questão houve uma ação da CETESB em que o local foi fechado.

##### **4.1. ÁREA DE TRANSBORDO DE TRIAGEM EM CARAGUATATUBA**

Em 2007 foi aprovada a lei nº 1490/2007 do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e materiais volumosos. Com essa lei, a prefeitura passou a tomar ações relacionadas à questão do descarte de resíduos urbanos. Isso gerou a criação de duas Áreas de Transbordo de Triagem (ATT), parcialmente implantadas em 2010 pela própria prefeitura no bairro do Jardim Gaivotas e do Pegorelli ( Figura 3, Figura 4 e Figura 5).



**Figura 5 - Localização das ATT**



**Fonte: Caraguatatuba (SP),2013.**

Para o acompanhamento do crescimento urbano, há projetos para a implantação de mais três ATT (Figura 6, Figura 7 e Figura 8), localizados nos respectivos bairros: Jardim do Sol e duas no bairro Jetuba.

**Figura 6 - Área 01 – Jardim do Sol**



**Fonte: Caraguatatuba (SP),2013.**

**Figura 7 - Área 02 – Jetuba**



**Fonte: Caraguatatuba (SP),2013.**

**Figura 8 - Área 03 – Jetuba**

**Fonte: Caraguatatuba (SP), 2013.**

Utilizando imagens de satélites do software Google Earth Pro que datam de setembro de 2021 foi possível observar que os projetos de implantação dessas novas ATT não foram executados.

#### 4.2. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

No ano de 2013, por meio do edital nº 001/2013, estabeleceu-se o cadastramento das empresas transportadoras de RCC e materiais volumosos, que operam com o uso de caçambas estacionárias (CARAGUATATUBA, 2013).

Considerando o material movimentado pelas empresas de transporte de resíduos, o aumento populacional e as expectativas de crescimento urbano, o estudo realizado no PMGIRS (CARAGUATATUBA, 2013) traz uma estimativa de produção de RCC pelo município dos anos de 2012 até 2040 (Quadro 3).

**Quadro 3 - Produção de Resíduos Sólidos Inertes (Continua)**

<b>Ano</b>	<b>Produção RCC (t/dia)</b>
2012	75.1
2014	79.07+1000 <sup>2</sup>

**Fonte: Caraguatatuba (SP), 2013.**

---

<sup>2</sup> Valor atrelado a implantação das obras viárias dos contornos.

**Quadro 3 - Produção de Resíduos Sólidos Inertes (Conclusão)**

2016	1000
2018	82.55
2020	84.17
2025	87.16
2030	89.4
2035	90.9
2040	92.01

**Fonte: Caraguatatuba (SP),2013.**

#### 4.3. ECOPONTOS

Os “Ecopontos” são ATT pertencentes a prefeitura municipal de Caraguatatuba habilitadas a receber alguns resíduos sólidos urbanos específicos em pequenos volumes trazidos por moradores ou catadores. Nesses locais é permitido depositar RCC de até um metro cúbico, móveis e equipamentos domésticos, sobras de poda, pneus (limite de quatro unidades por entrega), compostos recicláveis (papel, plástico, vidro e metal), óleo de cozinha, resíduos eletrônicos, pilhas, baterias e madeiras. Para casos em que há um grande volume de resíduos, é necessário o uso de caçambeiros particulares para realizar a coleta e encaminhamento para empresas recicladoras ou aterros privados licenciados (CARAGUATATUBA, s.d.).

**Figura 9 - Ecoponto da Martin de Sá**



**Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).**

Os Ecopontos foram idealizados com a Lei nº 1.490/2007, porém sua implementação só ocorreu em 2018. Atualmente são três os locais de funcionamento regidos pela prefeitura local, situados nos bairros Golfinhos, Martim de Sá e Massaguaçu (Figura 5).

**Figura 10 - Localização dos Ecopontos.**



**Fonte: Arquivo pessoal do autor<sup>3</sup>.**

Segundo matéria publicada no site da prefeitura do município (CARAGUATATUBA, 2021), em menos de quarenta dias, no período entre maio e a primeira semana de junho de 2021, foram 23,4 mil quilos de materiais reaproveitados oriundos do descarte legal nos Ecopontos, onde 15.640 kg são RCC, 3.280 kg de poda, 2460 kg de madeira e 2.028 kg de demais resíduos urbanos reciclados.

Em seu estudo da Gestão de Resíduos da Construção Civil em Caraguatatuba, São Paulo, Cardozo (2019) afirma haver a necessidade de melhorias no sistema de gestão dos RCD na região, onde há a necessidade de implementação de mais Ecopontos e melhoria na URRCD, que estava operando na época de seu estudo.

<sup>3</sup> Através do software Google Earth Pro.

#### 4.4. USINA DE RECICLAGEM

Em 2018 foi inaugurada uma URRCD no bairro Barranco Alto em Caraguatatuba (Figura 11). A URRCD fazia parte do programa “Desacate Consciente de Resíduos da Construção Civil (RCC)” assim como os Ecopontos. A URRCD reaproveitava mensalmente 8 mil toneladas de resíduos urbanos (CARAGUATATUBA, 2019).

**Figura 11 - Resíduos triturados empilhados em terreno**



**Fonte: Caraguatatuba (2019).**

Em meados de 2019 foi aberta uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) para investigar irregularidades na URRCD, onde se suspeitava de aferições feitas repetitivas vezes com o mesmo material com objetivo de adulterar o peso registrado de resíduos recolhidos na cidade. Após as denúncias, o contrato com a empresa terceirizada que atuava no local não foi renovado, fazendo com que a usina deixa-se de operar no mesmo ano (NOVA IMPRENSA, 2019).

## 5. FUNCIONAMENTO DE UMA URRCD

### 5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

O processo de reciclagem de resíduos de Classe A pode ser simplificado em duas etapas: a separação manual e o beneficiamento do material por meio de componentes da usina. Para a primeira etapa há a necessidade de um sistema de controle de qualidade, por conta dos diversos fatores que podem contaminar o RCD. Essa etapa é feita de forma manual, separando os contaminantes como material orgânico, madeira, componentes metálicos (através de sistemas complementares, como o separador magnético) e outros materiais presentes que não pertencem a classe A de resíduos da construção (WILBURN E GOONAN, 1998, apud JADOVKI, 2005).

Já a segunda etapa é realizada por diversos componentes que são oriundos do setor de mineração, que podem sofrer adaptações ou não para o setor de reciclagem. Com exceção dos moinhos de rolo de pequeno porte, utilizados para a preparação de argamassas a partir de resíduos de alvenaria. Outros componentes, como lidam com o material reciclado e suas características estão descritos no **Quadro 4** (LEVY, 1999, apud CUNHA 2007).

De acordo com Lima (1999), um sistema básico de reciclagem tem como objetivo britar o resíduo, podendo essa etapa ser realizada mais de uma vez, com a finalidade de se obter agregados de diversas dimensões. De acordo com o produto que se deseja obter, o processo de reciclagem pode alterar as seguintes características: classificação, composição, teor de impurezas, granulometria, forma e resistência dos grãos.

**Quadro 4** - Equipamentos de uma URRCD (Continua)

<b>Equipamentos</b>	<b>Reciclados</b>	<b>Características</b>
Britador de mandíbula	O material chega à câmara de britagem, onde é mastigado por mandíbulas.	Agregados graúdos. Apresentam distribuição granulométrica ideal para a produção de concretos estruturais.

**Quadro 4 - equipamentos de uma URRCD (Conclusão)**

<b>Equipamentos</b>	<b>Reciclados</b>	<b>Características</b>
Cone de britagem	O material chega à câmara de britagem, onde é esmagado contra as paredes de um cone. O material utilizado na alimentação deve ter sido previamente britado.	Agregados graúdos. É o equipamento ideal para utilizar como britador secundário para processar material com diâmetro máximo inferior a 200 mm.
Moinhos de martelos rotativos ou britador de cilindros	O material é conduzido, por uma correia transportadora, até a câmara de britagem, onde será esmagado	Agregados miúdos. São equipamentos raramente utilizados, pois só produzem material de granulometria fina.
Britadores de impactos	O material, após atingir a câmara de britagem, sofre sucessivos impactos, por martelos que giram permanentemente.	Agregados graúdos. São equipamentos utilizados para obtenção de agregados com granulometria ideal para aplicação em obras rodoviárias. São menos sensíveis aos materiais que não podem ser britados, como as barras de aço da armação.

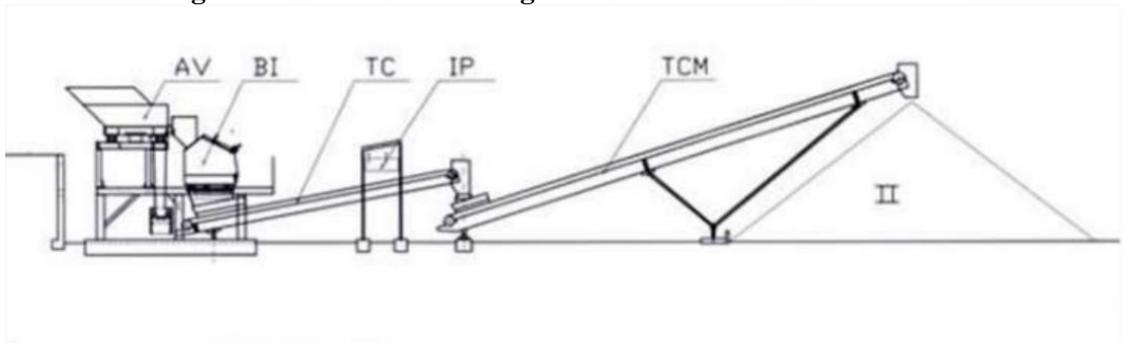
Fonte: Levy, 1997, apud Cunha 2007.

### 5.1.1. Tipologia de plantas para beneficiamento de resíduos de classe A

Em seus estudos, Jadovki (2005) classifica as usinas de reciclagem de acordo com dois critérios: tipo de planta de instalação, podendo ser fixa, semimóveis e móveis, e o processo de beneficiamento dos materiais, onde há os de primeira, segunda e terceira geração.

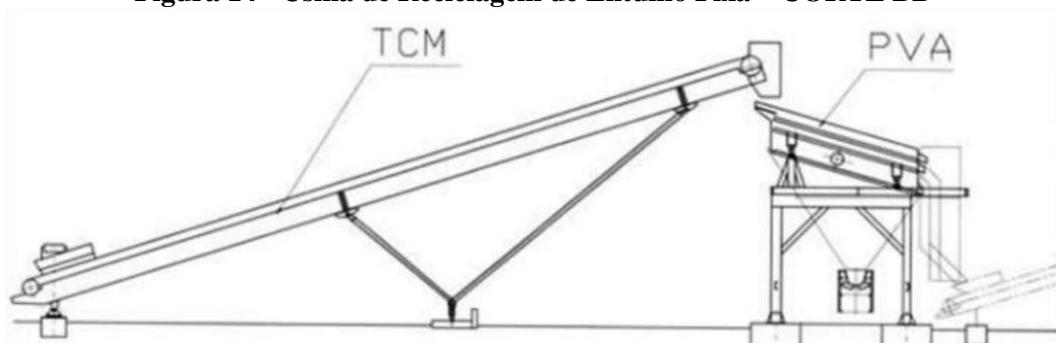


**Figura 13 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – CORTE AA**



Fonte: ZL Equipamentos (2015).

**Figura 14 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – CORTE BB**



Fonte: ZL Equipamentos (2015).

**Figura 15 - Usina de Reciclagem de Entulho Fixa – FOTOGRAFIA**



Fonte: ZL Equipamentos (2015).

**Quadro 5** - Legenda do projeto de uma planta fixa

<b>Legenda</b>		
<b>Principais Equipamentos</b>	<b>Produtos</b>	
	<b>Denominação</b>	<b>Origem</b>
AV - Alimentador Vibratório	I - bica corrida reciclada	AV
BI - Britador de Impacto	II - Bica corrida reciclada	BI
PVA - Peneira Vibratória	III - Areia média reciclada	PV
IP - Imã Pemanente	IV - Pedrisco reciclado	PV
TCM - Transportador de Correia Móvel	V - Brita reciclada	PV
TC - Transportador de Correia Fixo	VI - Rachão reciclado	PV

**Fonte: ZL Equipamentos (2015).**

#### 5.1.1.2. Plantas semimóveis

Possuem parte de sua estrutura confeccionada no local de obra, de forma que o restante é acoplado. Utilizada em situações em que o tempo de montagem é limitado, ou seja, em empreendimentos de médio prazo como barragens, hidrelétricas e pedreiras para construção de estradas. Possuem como características bases metálicas a baixa altura, o que facilita a montagem e manutenção, além de diminuir o comprimento da esteira intermediária. De acordo com o livro Fábrica de Faço Paulista (1985, p. 8-02), suas vantagens em relação as outras plantas são:

- Facilidade;
- Rapidez de montagem;
- Economia durante o processo de instalação.

Em relação as desvantagens, pode-se citar:

- Altos gastos envolvidos;
- Estrutura não são reutilizáveis;
- Deve-se evitar construções civis nos locais de implantação da URRCD.

**Figura 16 - Usina de Reciclagem de Entulho – Semimóvel**



**Fonte: ZL Equipamentos (2015).**

#### 5.1.1.3. Plantas móveis

Podem ser encontradas em diversos tamanhos e possuem pneus que permitem sua mobilidade. Seu uso é mais apropriado a obras que necessitam de mobilização ou tempo mínimo de montagem, como em serviços de manutenção de estradas, por prospecção geológica e exploração de jazidas espalhadas em uma determinada área. De acordo com o livro Fábrica de aço Paulista (1985, p. 8-02), suas vantagens em relação as outras plantas são:

- Flexibilidade;
- Ausência de inconvenientes e custos sucessivos de montagens, desmontagens e transporte;
- Baixo custo de instalação;
- Menor uso de mão-de-obra;
- Redução de custos de transporte de material, pois a usina pode ser instalada próxima ao depósito do material a ser britado;

**Figura 17 - Usina de Reciclagem de Entulho – Móvel**



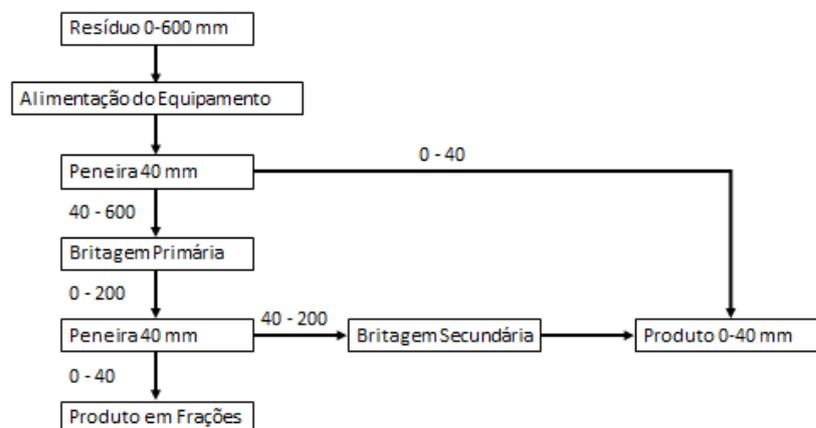
**Fonte: Dutrafer (2021).**

#### 5.1.1.4. Plantas de primeira geração

As principais diferem entre as gerações de plantas de processamento de resíduos se dá pelo nível de complexibilidade entre as fases de beneficiamento do material.

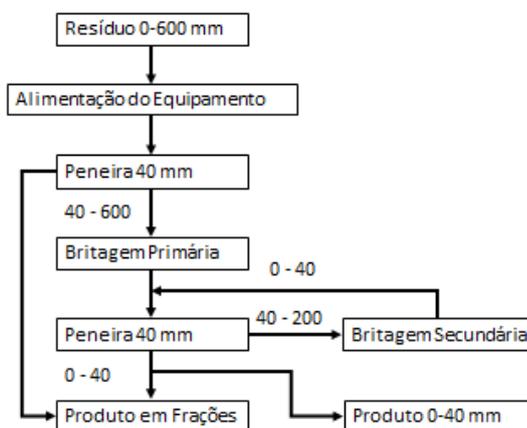
Das duas etapas da produção do material reciclado citadas no tópico 1.4, em relação a remoção de impurezas as usinas de primeira geração possuem apenas dispositivos de ímãs magnéticos. Enquanto ao beneficiamento, esse modelo de planta possuem os elementos convencionais de britagem, como pode ser observado nas Figura 18 e Figura 19 (JADOVSKI, 2005).

**Figura 18 - sistema aberto.**



**Fonte: Arquivo pessoal do autor<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Feito com dados de Boesman, 1985, apud Jadovki, 2005.

**Figura 19 - sistema fechado.**

**Fonte: Arquivo pessoal do autor<sup>5</sup>**

Além disso, as usinas de reciclagem de primeira geração podem ser divididas entre usinas fechadas e abertas. Nas fechadas (Figura 19), todo material que passar pelo processo de britagem e ficar retido nas peneiras retorna ao processo anterior, enquanto nas usinas abertas (Figura 8) esse material é estocado. Isso faz com que as usinas abertas apresentem materiais de diversas granulometrias (JADOVSKI, 2005).

#### 5.1.1.5. Plantas de segunda geração

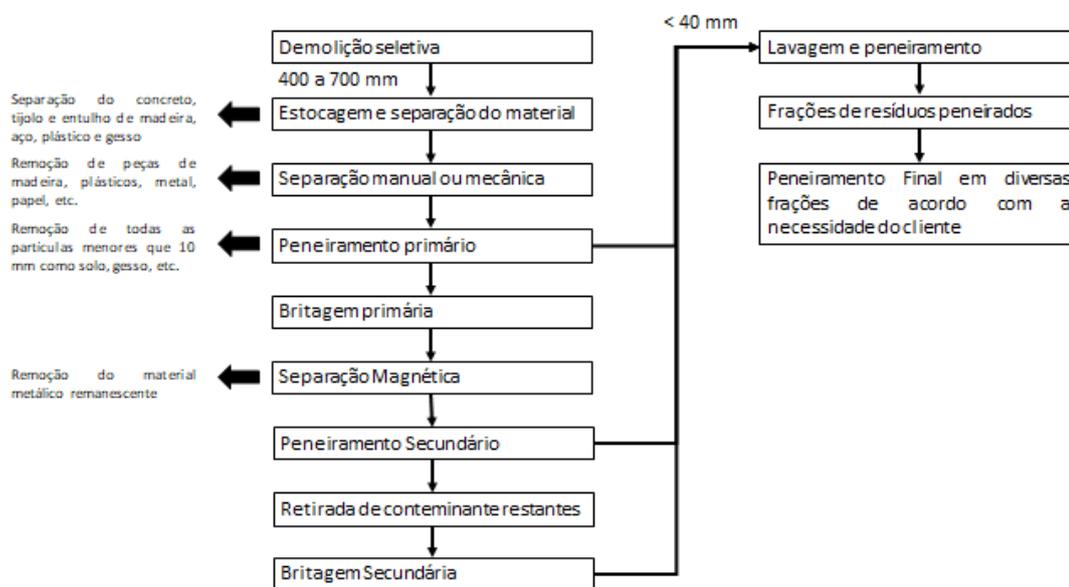
As principais diferenças entre essa geração e a anterior ocorre no processo de remoção de impurezas. Nesse modelo, o primeiro passo é composto de pela remoção das impurezas de maior dimensão, como madeira, metais, plásticos e papéis de maior dimensão, de forma manual ou mecânica.

Em seguida o material segue para britagem, onde após esse procedimento ele é separado em duas categorias: sedimentos secos e úmidos. Isso ocorre, pois, devido ao o procedimento de separação de compostos úmidos serem é mais vantajoso devido a uma melhor separação dos materiais, maior volume de pó e classificação dos materiais (JADOVSKI, 2005).

<sup>5</sup> Feito com dados de Boesman, 1985, apud Jadovki, 2005.

Após esse procedimento, ocorre o uso de uma britagem secundária junto ao descarte de todo material de diâmetro menor que 10 mm, para se evitar o uso de impurezas de dimensões reduzidas, como gesso e solo (JADOVSKI, 2005).

**Figura 20 - sistema planta de segunda geração**



Fonte: Arquivo pessoal do autor<sup>6</sup>

#### 5.1.1.6. Plantas de terceira geração

Nesse modelo ocorre quase a total remoção dos contaminantes. Os procedimentos podem ser secos, úmidos, térmicos ou a combinação desses. Alguns exemplos de procedimentos presentes em plantas de terceira geração, segundo Jadovski (2005), são:

- Separador magnético;
- Tanques de depuração por flutuação;
- Processos úmidos;
- Classificação por ar e;
- Sinterização dos finos.

Além disso, os geradores de sedimentos devem fazer uma pré-classificação de materiais antes que esses prossigam para a reciclagem.

<sup>6</sup> Feito com dados de Boesman, 1985, apud Jadovski, 2005.

As plantas de segunda e terceira geração, por produzirem materiais mais puros e uniformes, envolvem maiores custos, tornando-se muitas vezes inviáveis economicamente.

## 5.2. FATORES DETERMINANTES PARA A LOCALIZAÇÃO IDEAL

Nesse capítulo, ao se analisar a literatura disponível relacionada aos locais ideais para implantação de uma URRCD se observa que deve se considerar tantos fatores sustentáveis, para não prejudicar o meio ambiente, sociedade e gerações futuras, como fatores econômicos, para o sucesso da URRCD.

A NBR 15.114 aponta como critérios para determinação de áreas de reciclagem locais onde seja possível a minimização dos impactos ambientais, maximização da aceitação por parte da comunidade local e que esteja de acordo com as legislações local pertinentes.

Para isso, algumas características da URRCD devem ser analisadas, como: impacto visual, emissão de poeira, segurança, proteção dos operários e nível de ruídos (BOHNENBERGER, PIMENTA, *et al.*, 2018).

Em seus estudos, Bohnenberger et al (2018) ao realizarem uma análise multicritério para identificação de áreas para implantação de URRCD, consideraram como critérios decisivos para a implantação da URRCD os seguintes tópicos:

- Declividade máxima de 30%;
- Distância mínima de 30 metros de hidrografia;
- Distância mínima de 30 metros do sistema viário;
- Exclusão de áreas com vegetação natural;
- Exclusão de áreas de ocupação urbana.

Por meio desse método de análise, Bohnenberger et al (2018) identificaram não só os locais que seriam viáveis para a implantação da URRCD na cidade de Viçosa, como também quais locais se sobressaíram com relação aos restantes. Os autores também citam a importância de um plano integrado de gerenciamento de RCD, da aplicação de estudos socioeconômicos e que o método utilizado pode ser aplicado em qualquer cidade, mas a eficiência dos resultados depende da qualidade do banco de dados do município.

Quanto a área necessária para construção da URRCD, ao analisar sete usinas localizadas em cidade diferentes e de tamanhos diferentes, Jadovski (2005) fez a seguinte relação entre a área requerida e a capacidade de produção da usina:

**Tabela 1** - Produção de materiais por hora ou por ano em função da área requerida

<b>Área Requerida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidade de Produção (Ton/h)</b>	<b>Capacidade de Produção (Ton/ano)</b>
5.000	10	21.000
6.500	20	42.000
8.000	30	63.000
10.000	40	84.000
12.000	50	105.000
16.000	75	158.000
20.000	100	210.000

**Fonte: JADOVSKI, 2005**

Outro fator relevante é o distanciamento da URRCD em relação a cidade. Como foi dito anteriormente, deve-se evitar grande aproximação da área urbana para não prejudicar os moradores. Porém, o caso da URRCD de Itatinga – SP demonstra que o um grande distanciamento também pode prejudicar a produção. Esse caso, estudado por Couto Neto (2007), apresenta uma URRCD capaz de reciclar 1.000 t/dia que opera com metade da capacidade devido à locação mal planejada.

## 6. IMPLANTAÇÃO DE UMA URRCD

### 6.1. ANÁLISE LEGAL

Para implantação de uma URRCD, é necessário conferir se tal prática é permitida pelo aspecto legal. Para isso, é necessário fazer a análise das legislações apresentadas no capítulo 3.2.

Assim, a lei municipal nº 1490 apresenta duas formas de se lidar com resíduos de construção dependendo do volume de resíduos. Quando em pequenos volumes a responsabilidade pertence ao órgão público, estabelecendo a necessidade de criar pontos de coleta, rede de apoio, sistema de disque coleta, entre outros. Já nos casos de grande volume de RCC, o artigo 8º da lei, estabelece:

A Rede de Áreas para Recepção de grandes volumes de resíduos será constituída por empreendimentos privados regulamentados, operadores da triagem, transbordo, **reciclagem**, reservação e disposição final, compromissados com o disciplinamento dos fluxos e dos agentes e com a destinação adequada dos grandes volumes de resíduos gerados, atuantes em conformidade com as diretrizes desta Lei e do decreto que a regulamente (Caraguatatuba (SP), 2007, p. 03, grifo do autor).

Assim, justificando a permissão por parte da iniciativa privada para não só a coleta como a reciclagem desse material.

Ainda no artigo 8º, é determinado que não há restrição de volume de resíduos recebidos em ATT, áreas de reciclagem e aterros de RCC, além de especificar a necessidade do licenciamento dos materiais antes de serem descarregados e que não pode haver resíduos domiciliares, resíduos industriais e resíduos dos serviços de saúde (Caraguatatuba, (SP), 2007), podendo esses resíduos ser oriundo de ações públicas.

Em relação ao uso dos resíduos originados pelas áreas de reciclagem, é estipulado na lei nº 1490, artigo 12º parágrafo primeiro:

O Poder Executivo Municipal regulamentará as condições de obrigatoriedade de uso destes resíduos, na forma de agregado reciclado, em obras públicas de infraestrutura (revestimento primário de vias, camadas de pavimento, passeios e muração públicos, artefatos, drenagem urbana e outras) e obras de edificações (concreto, argamassas, artefatos e outros) (Caraguatatuba (SP), 2007, p []).

A lei estipula as especificações desses materiais que serão feitas em obras contratadas ou realizadas pela administração pública, de forma direta ou indireta, com única exceção de obras de caráter emergencial, ausência de agregados reciclados ou que esses tenham valor de mercado maior que os agregados naturais.

Através da análise das legislações relacionadas ao manuseamento de RCC, concluiu-se que não apenas é legal a implantação de uma URRCd no município de Caraguatatuba, como também é recomendado.

## 6.2. DIMENSIONAMENTO DE UMA URRCd

Para determinar como seria uma URRCd em Caraguatatuba, é necessário determinar a produção de resíduos, área requerida e sua tipologia (conforma a literatura estudada no capítulo 5.1.1).

Assim, utilizando a produção RCC no município e os dados apresentados no **Quadro 3**, a estimativa de produção de resíduos sólidos inertes por dia em 2040 é de 92,01 toneladas no município, o que em uma hora são 3,83 toneladas. A partir dos dados compilados na **Tabela 1**, uma URRCd que processe tal quantidade de material ocupa uma área de 5.000 metros quadrados.

Como não há necessidade de uma usina de grande produção, usinas fixas estão descartadas por necessitarem de uma área de no mínimo 50.000 metros quadrados (FAÇO p. 8-02, 1985). Diferente do uso em pedreiras, como foi dito no capítulo 5.2 deste trabalho, as URRCd precisam estar próximas aos centros urbanos, fazendo com que seja descartada a possibilidade de usinas semimóveis, uma vez que nesse tipo de planta é necessário se evitar construções civis (FAÇO p. 8-02, 1985). Sobrando apenas as usinas móveis, que diminuem o custo de instalação e são mais flexíveis (FAÇO p. 8-02, 1985).

Em seus estudos, Iuri Jadovski (2005) afirmou que no Brasil são utilizados apenas usinas de primeira geração. Portanto, em uma licitação pública ou uma análise de investimento

do setor privado de uma URRCD, é bem provável que a planta escolhida pela construtora responsável pertença a primeira geração por se tratar de uma tecnologia mais difundida no mercado. Embora na literatura estudada neste trabalho não apresente empecilhos para o uso de plantas de segunda ou terceira geração na região.

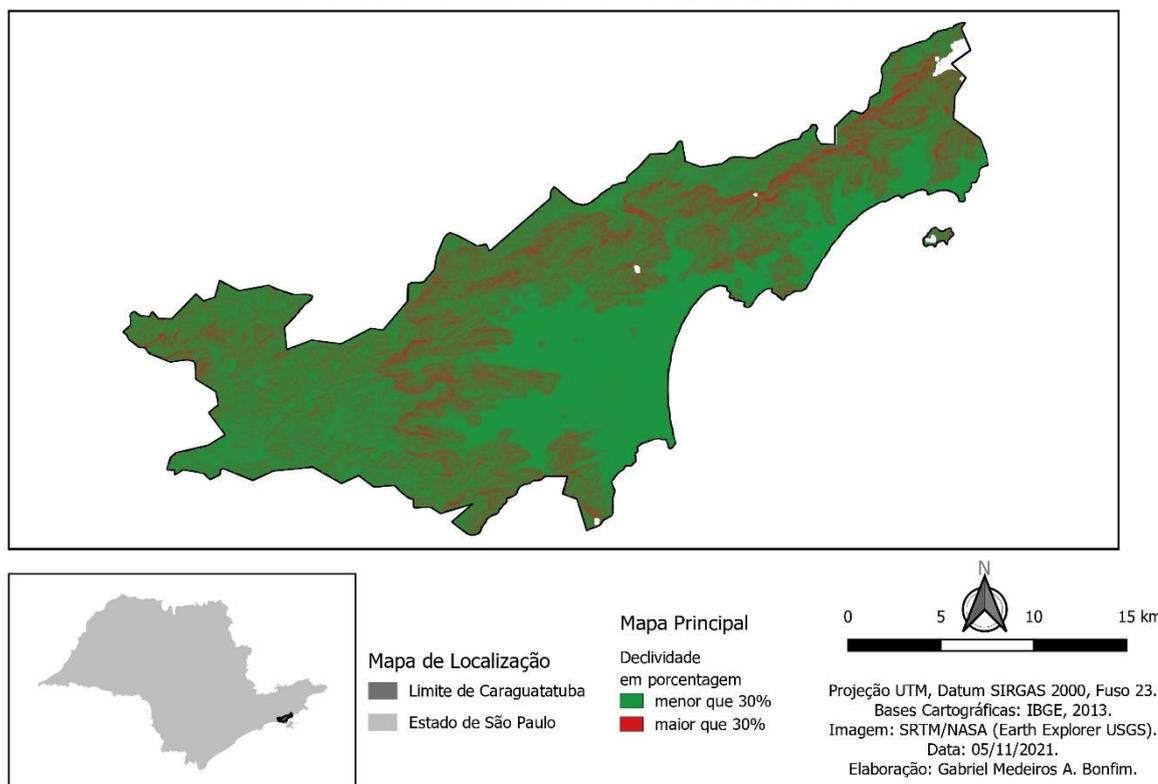
### 6.3. ESTUDO DO ESPAÇO FÍSICO DE CARAGUATATUBA

No capítulo 5.2 foi discutido alguns elementos regionais necessários para que seja possível a implantação de uma URRCD, no qual o autor Bohnenberger et al (2018) citou cinco critérios necessários em um determinado espaço para que o projeto seja viável, que são: declividade do terreno, rede de drenagem, sistema viário, áreas de vegetação natural e áreas urbanas.

Assim, uma forma de determinar se o município de Caraguatatuba possui áreas que atendem esses critérios é através de análise de mapas, onde ao demarcar áreas que possuem essas características é possível realizar a sobreposição desses locais permitindo apresentar um mapa das regiões adequadas para instalação de uma URRCD.

#### 6.3.1. Declividade de terreno

A primeira característica a ser observada é a declividade da região, que pode ser observada a partir de um mapa hipsométrico (mapa que representa graficamente altitude de um local). A figura abaixo apresenta a declividade de terreno de Caraguatatuba, cujo dados utilizados para a confecção do mapa foram os limites políticos do município de Caraguatatuba e do Estado de São Paulo (BRASIL, 2020) e fotos topográficas (USGS, 2021).

**Figura 21 - Mapa de declividade****MAPA DE DECLIVIDADE DE CARAGUATATUBA**

**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

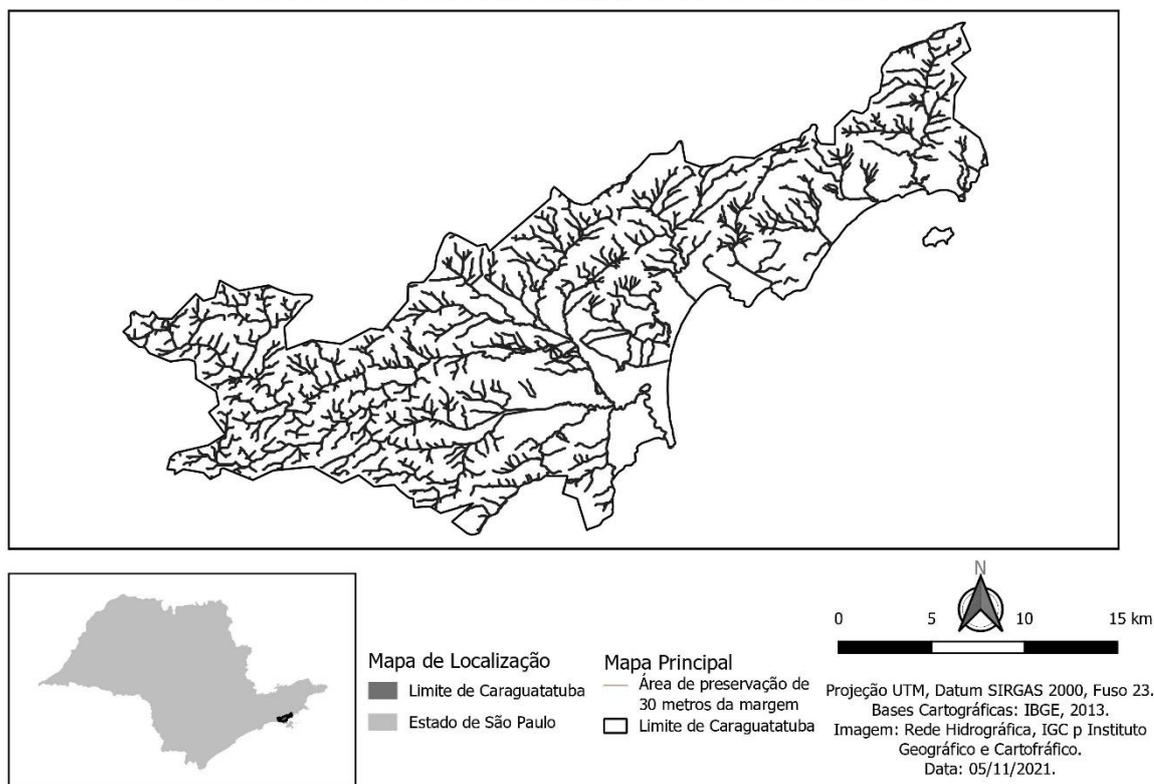
O resultado nos mostra um terreno majoritariamente plano na região, principalmente nos locais próximos ao mar. Portanto, ao se considerar apenas a declividade da região, Caraguatatuba é facilmente favorável para a instalação de uma URRCD.

### 6.3.2. Rede de Drenagem

Em seguida, o próximo tópico a ser observado é a rede de drenagem da região, fornecidos pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), onde foi confeccionado o mapa recortando apenas a região de Caraguatatuba e aplicando um buffer para delimitar um polígono de 30 metros de cada lado das linhas para delimitar os locais impróprios para uso devido à proximidade com os afluentes (Figura 22).

**Figura 22 – Polígono de contorno da Rede Hidrográfica**

MAPA REDE DE DRENAGEM MUNICIPIO DE CARAGUATATUBA



**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

Caraguatatuba apresenta-se como uma região muito irrigada devido à grande quantidade de afluentes que descem a serra e desaguam ao mar. Essa característica pode prejudicar a instalação de uma URRCD. É possível observar pela Figura 22 que a densidade de canais de drenagem diminui nas regiões próximas ao mar.

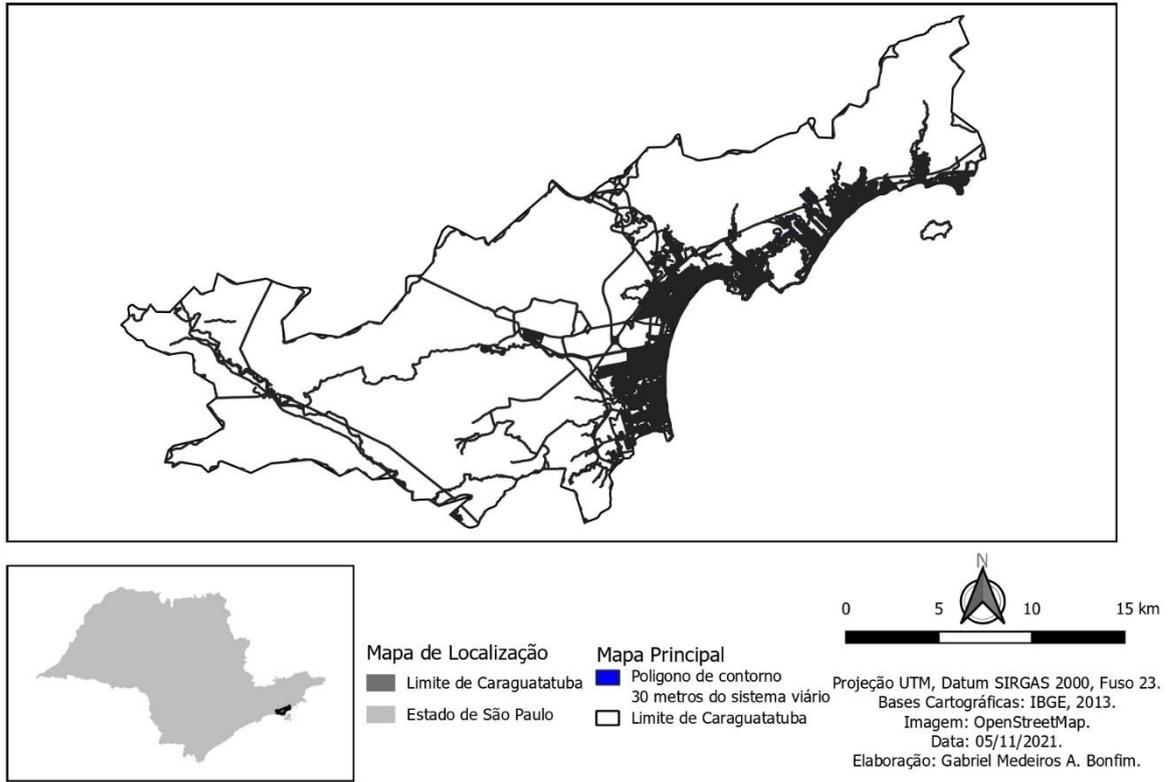
### 6.3.3. Sistema Viário

Para caracterização do sistema viário de Caraguatatuba (Figura 23) foi utilizado dados do projeto colaborativo do site *OpenStreetMap* (OSM), onde é possível encontrar dados geográficos do mundo inteiro. A partir dessas informações, foi feito um *buffer* de 30 metros de cada lado das linhas que representam as ruas no software QGIS para determinar os locais

impróprios para a instalação da URRCD de acordo com a literatura de Bohnenberger et al (2018).

**Figura 23 - Polígono de contorno do sistema viário de Caraguatatuba**

MAPA SISTEMA VIÁRIO MUNICIPIO DE CARAGUATATUBA



**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

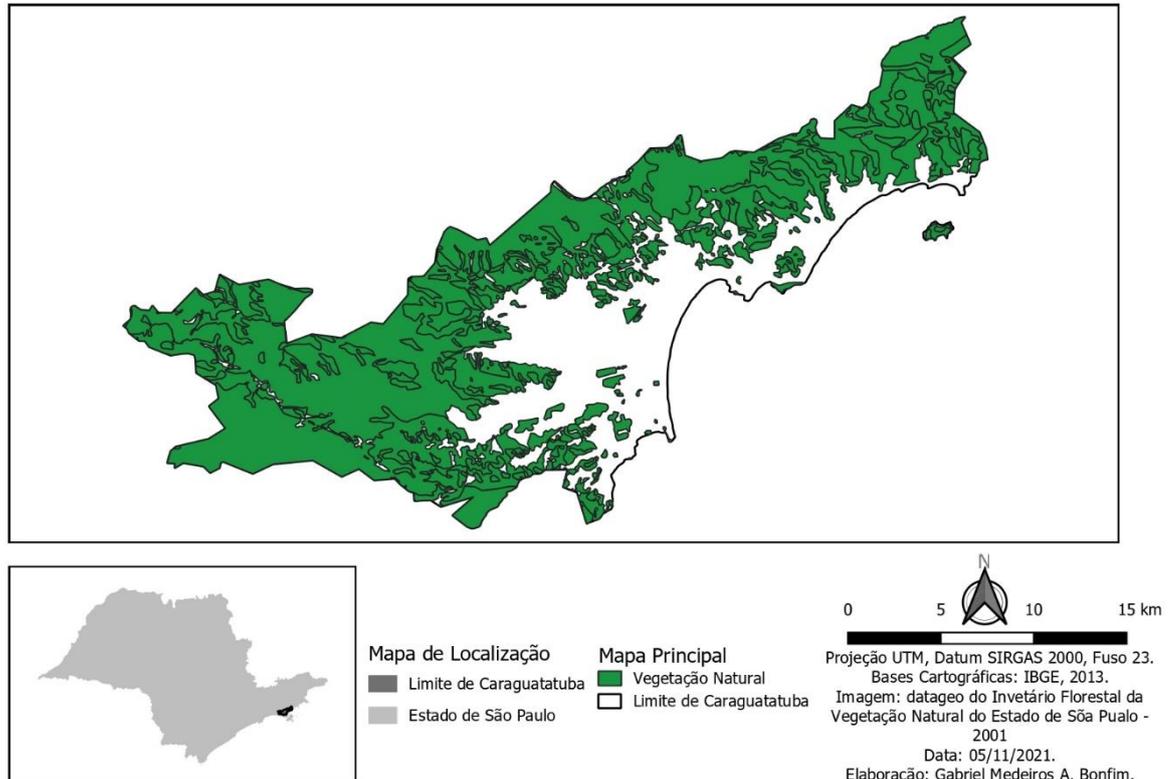
Observando o mapa, é possível identificar que há uma concentração urbana próxima ao litoral, mas que também há estrutura viária cortando as regiões interioranas. O que permitiria uma instalação de uma URRCD próxima a essa localidade permitindo acesso a região de maior densidade demográfica.

#### 6.3.4. Área de Vegetação Natural

O mapa da região coberta por vegetação natural (Figura 24) foi confeccionado com dados do instituto florestal da vegetação natural do estado de São Paulo, onde foi recortado, a área pertencente ao município de Caraguatatuba.

**Figura 24 – Área de vegetação natural**

**MAPA FLORESTAL MUNICIPIO DE CARAGUATATUBA**



**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

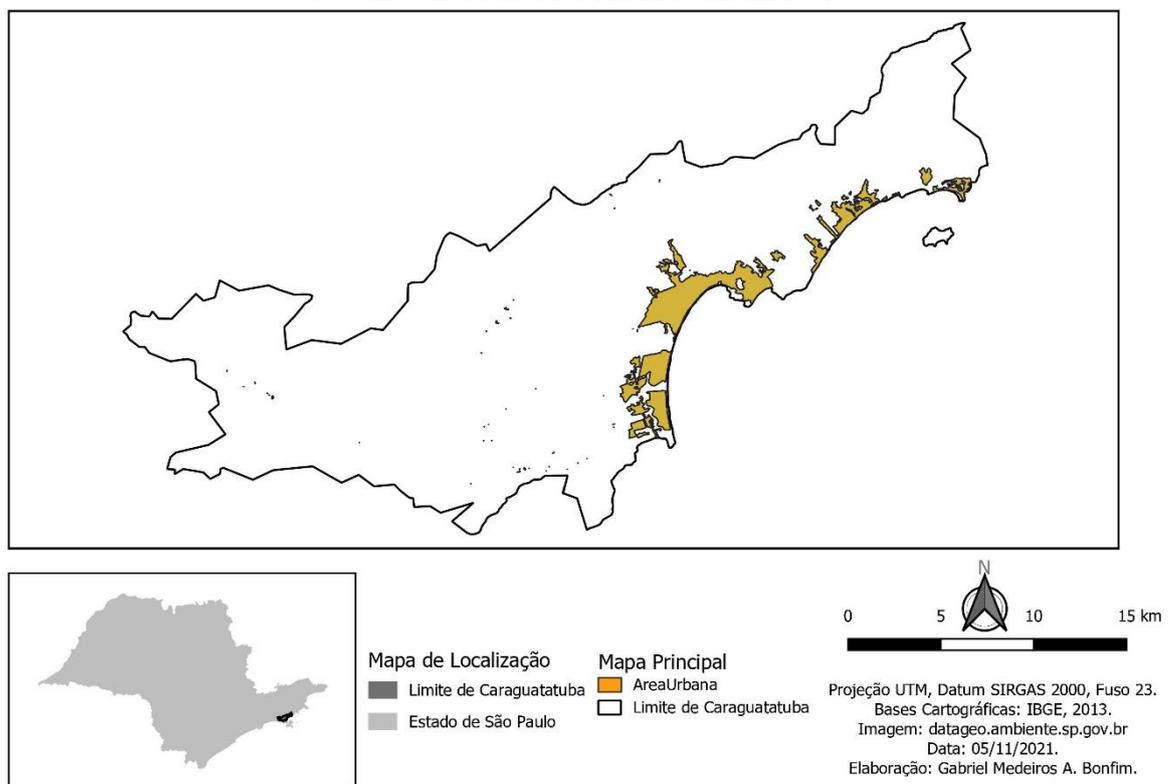
De acordo com a literatura de Bohnenberger et al (2018) locais cobertos com vegetação natural são impróprios para ocupação com a finalidade de se construir uma URRCD. Com o resultado do mapa acima é possível observar que a região imprópria para instalação da URRCD está localizada próximo a serra. Analisando apenas esse critério, os locais próprios para a URRCD na região seria os locais próximos ao mar e ao interior do município.

### 6.3.5. Área de Ocupação Urbana

A análise desse fator de uso para ocupação de uma URRCD foi feita através do mapa (Figura 25) com dados da secretaria do meio ambiente do estado de São Paulo (2013). Onde foi recortado a região pertencente ao município de Caraguatatuba.

**Figura 25 - Área Urbana de Caraguatatuba**

MAPA ÁREA URBANA DE CARAGUATATUBA



**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

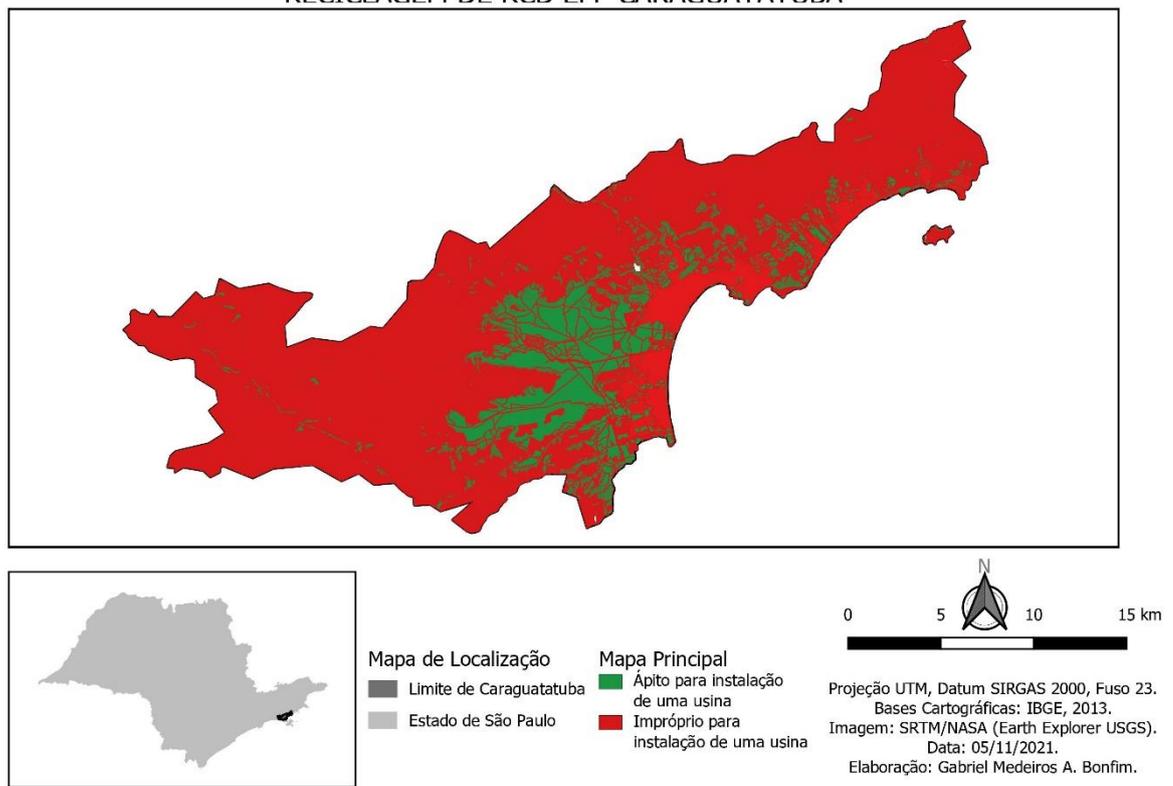
Como foi afirmado no tópico 5.2, uma URRCD não pode estar próxima da região urbana para não trazer incomodo aos moradores, porém não pode estar muito distante para não prejudicar a demanda pelos materiais produzidos, como ocorreu no caso da usina de Itapetininga no tópico 5.2 (COUTO NETO, 2007). Como o sistema viário do município (Figura 23) está presente na região interiorana do município, onde não há mancha urbana, é possível que, analisando pelo critério de ocupação urbana, que essa região seja a mais adequada para a instalação da URRCD.

### 6.3.6. Análise de sobreposição de imagens

Utilizando os dados de todos os mapas apresentados até aqui (Figura 21-27) é possível criar um mapa que resuma todos os dados demonstrando onde é possível instalar uma URRCD sem ferir nenhum dos critérios de Bohnenberger et al (2018), utilizando a sobreposição de imagens do QGIS (Figura 26).

**Figura 26 - Sobreposição de imagens**

MAPA COM OS LOCAIS APROPRIADOS PARA INSTALAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RCD EM CARAGUATATUBA



**Fonte: Arquivo pessoal do autor.**

É possível observar que os dados que mais interferem na região para uso de uma URRCD são as áreas de cobertura vegetal, perto da serra, e a ocupação urbana, próximo ao mar, deixando como regiões própria para a URRCD o espaço entre essas duas áreas, com diversos cortes feitos pelo sistema viário e sistema de drenagem.

Com isso, devido as regiões verdes do mapa acima, por mais que sejam a menor parte da área que representa o município de Caraguatatuba, é possível dizer que há regiões que permitem a instalação de um URRCD segundo os critérios de Bohnenberger et al (2018).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e ambiental de implantação de uma URRCD no município de Caraguatatuba, o presente trabalho também procurou analisar as legislações e normas no que tange à destinação de resíduos sólidos, investigar o funcionamento de uma URRCD, caracterizar uma usina adequada para o município de Caraguatatuba e verificar se os aspectos físicos da região permitem a instalação de uma URRCD.

Assim, em relação a análise legal, ao decorrer do estudo, mas principalmente no Capítulo 3.2, diversas leis, normas e resoluções destacavam positivamente a prática da reciclagem, além de que algumas, como discutido no Capítulo 6.1, incentivam a prática.

Em relação ao município de Caraguatatuba, foi dito que há projetos relacionados ao tema de RCD no município, como as áreas de transbordo e triagem e os Ecopontos, assim como houve um URRCD na região, discutidos no Capítulo 4. Porém, como ressaltado no Capítulo 1.1, o município apresenta problemas relacionados aos RCD citados por Burgo et al. (2002) e Pereira e Boulomytis (2014), demonstrando que há a necessidade de implantação de novos projetos, algo que pode ser justificado principalmente pelo fato de que não há mais a URRCD como a citada operando na região.

Os aspectos técnicos apresentados no capítulo 5 apresentam os diversos tipos de usina, seus componentes e fatores que influenciam sua instalação. Os dados exibidos podem incentivar futuros investimentos em uma URRCD na região ao facilitar a compreensão do tema por conter o material básico dentro do contexto de usinas de reciclagem.

Utilizando sobreposição de imagens no software QGIS, foi possível observar quais locais são aptos à instalação de uma URRCD segundo os critérios Bohnenberger et al (2018) no Capítulo 6.3, considerando a infraestrutura local quanto ao sistema viário, a área urbana, a topografia e a questão ambiental, como as áreas cobertas por vegetais e leitos de rios e afluentes.

Com base nos resultados obtidos, dentro dos aspectos analisado, não foi encontrado impedimentos para se implantar um URRCD no município de Caraguatatuba. Pelo contrário, com o presente trabalho se observou uma grande necessidade de soluções para RCD como a usina em questão.

Com isso o estudo pode incentivar o uso da tecnologia ou servir como base para uma real instalação de uma URRCD no município. Além de poder ser utilizado em pesquisas para implementação de usinas em regiões similares ao do litoral norte.

Contudo, o trabalho realizado seria mais próximo da realidade se os dados do município, tais como o volume de resíduos produzidos pelos habitantes (citados no Quadro 3 com dados de 2013) e dados de projetos que lidam com resíduos urbanos, como as ATT e Ecopontos (discutidos no Capítulo 4 cujo a referência apresentada data de 2013), fossem mais atuais. Sugere-se um novo estudo sobre o tema por parte da prefeitura de Caraguatatuba, uma vez que uma maior caracterização da situação local quando aos resíduos sólidos urbanos pode facilitar a implantação de projetos como uma URRCD.

Para uma análise mais completa seria necessárias pesquisas nas áreas que não foram citadas ao longo do trabalho, como a viabilidade econômica ou a demanda da região por produtos reciclados, deixando margem para novos estudos sobre o tema com diferentes abordagens.

Mais estudos como os realizados nesse trabalho são fundamentais para a implementação de tecnologias sustentáveis. Ao longo da investigação é notável o espaço disponível para pesquisas desse cunho no país, uma vez que ainda há muitas cidades que não possuem URRCD na região ou o uso de outras soluções para os RCD assim como Caraguatatuba.

## 8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro. 2004.

BOHNENBERGER, J. C. et al. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 299-311, jan. /mar. 2018. ISSN ISSN 1678-8621. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/4s3WpNgghkvqkvJDS4Jt3Sj/?lang=pt>>.

BRASIL. Resolução CONAMA n°. 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais**, Brasília, DF, 5 jul 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA nª 348 , de 16 de outubro de 2004. **Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos**, Brasília, DF, 16 out 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2021**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caraguatatuba/panorama>>. Acesso em: 20 Abril 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Demográfico de 2010**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caraguatatuba/panorama>>. Acesso em: 2021 abr 20.

BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, Brasília, DF, 10 ago 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 448, de 18 de janeiro de 2012. **Altera os arts. 2o, 4o, 5o, 6o, 8o, 9o, 10, 11 da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA.**, Brasília, DF, 18 jan 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Divisão Territorial Brasileira - DTB**, 2020. Disponível em: <<https://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 Outubro 2021.

BURGO, P. C. F. et al. **Possibilidades de Problemáticas Urbano/Ambientais**, Santos, 2002. Disponível em: <<http://copec.eu/congresses/cbpa2002/proc/2002/TM23.pdf>>.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. D. V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza: Sinduscon CE - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará, 2011. Disponível em: <<http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>>. Acesso em: 11 nov 2021.

CARAGUATATUBA. Lei Ordinária nº 1490, de 26 de nov. de 2007. **Institui o Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil e dá outras Providências**, Caraguatatuba, SP, 26 nov 2007.

CARAGUATATUBA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Caraguatatuba (PMGIRS)**, Caraguatatuba, SP, 2013.

CARAGUATATUBA. Decreto Nº 994, de 09 de nov. de 2018. **Plano de Gerenciamento de Resíduos da Contrução Civil e volumesos**, Caraguatatuba, 09 nov 2018.

CARAGUATATUBA. Prefeitura Municipal Caraguá. **Caraguatatuba reaproveita mensalmente 8 mil toneladas de resíduos urbanos em Usina de Reciclagem**, 2019. Disponível em: <<https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/2019/12/caraguatatuba-reaproveita-mensalmente-8-mil-toneladas-de-residuos-urbanos-em-usina-de-reciclagem/>>. Acesso em: 15 abr 2021.

CARAGUATATUBA. Prefeitura Municipal Caraguá. **Ecopontos de Caraguatatuba reaproveitam cerca de 23 mil quilos de material em 40 dias**, 2021. Disponível em:

<<https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/2021/06/ecopontos-de-caraguatatuba-reaproveitam-cerca-de-23-mil-quilos-de-material-em-40-dias/>>. Acesso em: 15 abr 2021.

CARAGUATATUBA. PREFEITURA MUNICIPAL CARAGUÁ. **Ecopontos**, s.d. Disponível em: <<https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/ecopontos/>>. Acesso em: 13 abr 2021.

CARDOZO, U. T. et al. Gestão de Resíduos da Construção Civil em Caraguatatuba, São Paulo. **10º Forum Internacional de Resíduos Sólidos**, Caraguatatuba, SP, jun 2019. Disponível em: <<https://www.institutoventuri.org.br/pt/>>. Acesso em: 16 mar. 2021.

COUTO NETO, G. **Construção civil sustentável: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso**. Dissertação (pós-graduação em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, MG. 2007.

CUNHA, N. A. **Resíduos da Construção Civil Análise de Usinas de Reciclagem**. Dissertação (pós-graduação em engenharia civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP. 2007.

DADETUR. - Departamento de Apoio ao Desenvolvimento dos Municípios Turísticos. **Caraguatatuba - Turismo**, 2020. Disponível em: <<https://www.turismo.sp.gov.br/publico/noticia.php?codigo=1912>>. Acesso em: 20 Abril 2021.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA - FAÇO. **Manual de Britagem**. 4. ed. ed. São Paulo, SP: [s.n.], 1985.

INSTITUTO FLORESTAL DA VEGETAÇÃO NATURAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Inventário Florestal 2000, 2001. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BDD775F9A-6F80-4E48-B5D1-6F7416FE6EC6%7D>>. Acesso em: 11 nov 2021.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO - IGC. **Rede Hidrográfica**, s.d. Disponível em: <[http://www.igc.sp.gov.br/produtos/rede\\_hidrografica.html](http://www.igc.sp.gov.br/produtos/rede_hidrografica.html)>. Acesso em: 11 nov 2021.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS. Porto Alegre, RS. 2005.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normatização de resíduo de construção reciclado e suas aplicações em argamassas e concreto**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). São Carlos. 1999.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Educacion do Brasil, 2012.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CIRELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construido**, Porto Alegre, p. 57-71, 2009.

NOVA IMPRENSA. **CPI vai investigar irregularidades na usina de resíduos em Caraguá**, 2019. Disponível em: <<https://novaimprensa.com/2019/08/cpi-vai-investigar-irregularidades-na-usina-de-residuos-em-caragua.html>>. Acesso em: 15 out. 2021.

OPEN STREET MAP (OSM). Documentation, 2021. Disponível em: <Criado coletivamente e disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=4/-15.13/-53.19>>. Acesso em: 2021 abr 15.

PEREIRA, N. D. C.; BOULOMYTIS, V. T. G. B. Ações e omissões no gerenciamento de resíduos da construção civil em Caraguatatuba. **Revista Vértices**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 153-167, fev 2015.

POPPER, S. K. R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. Tradução de Leonidas HEGENBERG e Octanny Silveira da MOTA. 2ª. ed. São Paulo: Pensamentos Cultrix LTDA, v. 4, 2013. 42 p.  
SÃO PAULO (ESTADO). Lei Nº 12.300, de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes**, São Paulo, SP, 16 março 2006. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2006/03/lei-estadual-n-12-300/>>.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA Nº 41, de 13 de abr. de 2018. **Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e da construção civil no Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 13 abr 2018.

SÃO PAULO. DataGeo. **Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo - IDEA-SP**, 2021. Disponível em: <<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 11 nov 2021.

SILVA, E. L. D.; MENESES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005.

USGS. United States Geological Survey - USGS. **EARTH EXPLORER**, 2021. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 2021 abr 15.

ZL EQUIPAMENTOS. **Usinas de reciclagem fixa e semi-movel**, Sorocaba, SP, 30 mar 2015.