

**Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Faculdade de Engenharia de Bauru - FEB  
Departamento de Engenharia de Produção - DEP**

**Celso Henrique Lamônica**

**Diagnóstico da gestão dos resíduos da construção e demolição no  
município de Bauru**

Bauru - São Paulo

2020

**Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Faculdade de Engenharia de Bauru - FEB  
Departamento de Engenharia de Produção - DEP**

**Celso Henrique Lamônica**

**Diagnóstico da gestão dos resíduos da construção e demolição no  
município de Bauru**

Dissertação apresentada como requisito à  
obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia de Produção, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção da Faculdade de Engenharia de  
Bauru – FEB – da Universidade Estadual  
Paulista – UNESP – Campus Bauru

Orientadora Profa. Dra. Rosane Aparecida  
Gomes Battistelle.

Co-Orientador: Prof. Dr. José Alcides  
Gobbo Junior

Bauru - São Paulo

2020

Lamônica, Celso Henrique.

Diagnóstico da gestão dos resíduos da construção e  
demolição no município de Bauru / Celso Henrique  
Lamônica, 2020  
156 f. : il.

Orientadora: Rosane Aparecida Gomes Battistelle

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020

1. Resíduos sólidos. 2. Construção civil. 3.  
Demolição. 4. Gestão. I. Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CELSO HENRIQUE LAMONICA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 29 dias do mês de abril do ano de 2020, às 10:00 horas, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ALOISIO COSTA SAMPAIO do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru - UNESP, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. BARBARA STOLTE BEZERRA do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de CELSO HENRIQUE LAMONICA, intitulada **GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ÂMBITO MUNICIPAL**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE

Prof. Dr. ALOISIO COSTA SAMPAIO

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. BARBARA STOLTE BEZERRA

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO**

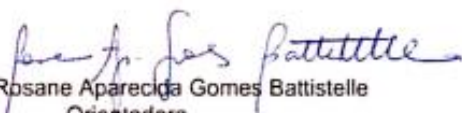
A COMISSÃO EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO  
ALUNO: **CELSO HENRIQUE LAMONICA**

DE: "GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ÂMBITO  
MUNICIPAL"

PARA:

*Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção  
e demolição no município de Bauru.*

Bauru, 29 de abril de 2020.

  
Prof.ª Dr.ª Rosane Aparecida Gomes Battistelle  
Orientadora

**Celso Henrique Lamônica**

**Diagnóstico da gestão dos resíduos da construção e demolição no município de Bauru.**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru – FEB – da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus Bauru

Banca examinadora

Profa. Dra Rosane Aparecida Gomes Battistelle.

UNESP – Bauru

Orientadora

Profa. Dra Barbara Stolte Bezerra

UNESP – Bauru

Profa. Dr Aloísio Costa Sampaio

UNESP – Bauru

Bauru - São Paulo

2020

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha orientadora Dra. Rosane Aparecida Gomes Battistelle, ao meu coorientador, Dr. José Alcides Gobbo Junior, por acreditar no meu potencial e pela orientação, diligência e transferência de conhecimento durante as fases da pesquisa.

Aos membros titulares e suplentes que aceitaram fazer parte desta banca do exame de defesa de dissertação de mestrado, bem como, aos professores que tive o privilégio de conhecer e expandir o meu conhecimento durante as disciplinas do programa de pós-graduação.

A FEB/UNESP e seus colaboradores pela oportunidade de estudo e manutenção dos recursos, em especial a toda equipe da secretaria de pós-graduação pelo apoio e direcionamentos.

A CAPES pelo apoio à pesquisa que viabilizou este estudo durante a realização do programa de mestrado.

Aos colegas de sala em especial, Fernanda Delgado, Henrique Carreão, Marco Pinheiro, Murilo Meganha, Paulo Volpato e Rosane Rocha, parceiros de disciplinas, publicações, eventos e estudos.

A família, em especial a minha esposa Renata Dastre Vilas Boas, que desde o início me apoiou neste projeto ainda como aluno especial, comemorou a entrada no programa como aluno regular e que compartilha intensamente os desafios de cada entrega do trabalho.

E por fim, agradeço a chegada do meu filho Henrique Dastre Lamônica que nasceu junto com esta pesquisa e que levará este legado para toda sua vida.

# Resumo

O aumento da geração dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios em toda parte do planeta. Em 2018 o índice global de geração de resíduos foi de 0,74 kg por habitante por dia e, em termos absolutos, a perspectiva até 2050 é de uma geração anual de 3,40 bilhões de toneladas. O impacto ambiental negativo deste fenômeno em cidades de países em desenvolvimento fica evidente com a escassez dos aterros sanitários e o descarte irregular de resíduos, causando problemas de saúde pública e desastres de todas as ordens. Neste contexto, o setor da construção civil responde pelo total de até 30% dos depósitos em aterros no mundo e desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de realizar um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil no município de Bauru/SP, baseando-se em informações fornecidas pelos atores envolvidos e em visitas a locais de armazenamento, triagem, reciclagem e disposição final. A pesquisa se justifica pela necessidade de avaliar as estratégias de mitigação de impactos ambientais negativos derivados destes resíduos, a partir da reconstrução da realidade no município. Como resultados gerais, foi evidenciado que o município de Bauru/SP, desde 2011, conta com uma legislação específica para o tratamento ambientalmente adequado do RCD, e que construiu em parceria com o setor privado, uma estrutura logística ampla, para atender a coleta e o recebimento destes resíduos abrangendo todo o município. Para os pequenos geradores, 8 locais chamados Ecopontos, coletaram 9.424 m<sup>3</sup> de RCD no ano de 2019, enquanto os locais cadastrados para receber os grandes volumes gerados pelos médios e grandes geradores, acusaram o recebimento de 152.800 m<sup>3</sup> de RCD. Ao todo, o município contabilizou o total de 210.873 toneladas de RCD no ano de 2019, atingindo o índice de 1,53 kg/hab.dia, acima do índice de 0,726 kg/hab.dia para região sudeste, uma indicação que o setor da construção civil no município de Bauru, cresceu acima da média desta região no ano de 2019. Desta forma, a aplicação intensiva de agregados reciclados como forma de reduzir os impactos nocivos ao meio ambiente, provocados pelas atividades da construção civil, é altamente recomendada, tendo em vista os benefícios da reciclagem em grande escala que se viabiliza na interação dos setores público e privado.

**Palavras Chaves:** Resíduos Sólidos; Construção Civil; Demolição; Gestão.



# Abstract

The increasingly large generation of solid waste is one of the greatest challenges worldwide. In 2018, global waste generation rate was 0.74 kg daily per inhabitant and, in absolute terms, there's a prospect of 3.40 billion tons being produced annually by the year 2050. The negative environmental impact of this phenomenon in cities from developing countries is evident considering the scarcity of landfills and the irregular waste disposal, which cause public health issues and hazards of all kinds. In this context, civil construction sector accounts for a total of up to 30% of landfill deposits in the world, hence the present work had the goal of carrying out a diagnosis of construction industry solid waste management in the city of Bauru/SP, based on information provided by the agentes involved and visits to storage, sorting, recycling and final disposal sites. This research is justified by the need to evaluate strategies that mitigate negative environmental impact originated from this sort of waste, following the reconstruction of reality in the city. The results found from this research have shown that the city of Bauru/SP, since 2011, has had a specific legislation regarding environmentally adequate treatment of construction and demolition waste (CDW) and that it has built, in partnership with the private sector, a broad logistics to meet the demand of transportation for this waste citywide. For the smaller waste generators, 8 disposal locations called "Ecopoints" have collected 9,424 m<sup>3</sup> of CDW in 2019, while the sites registered to receive large volumes have collected 152,800 m<sup>3</sup> of CDW. Altogether, the city accounted for a total of 210.873 tons of CDW in 2019 and has reached a rate of 1.53 kg per inhabitants per day, above the rate of 0.726 kg per inhabitants per day for the southeast region of the country, na indication that the civil construction sector in the city has grown above this region average in 2019. In this manner, na intensive implementation of recycled aggregates as a way to reduce the harmful impacts to the environment caused by construction practices is highly recommended, considering the benefits of large-scale recycling made possible by the joint collaboration of public and private sectors.

**Keywords:** Solid Waste; Building Construction; Demolition; Management.

## Lista de Figuras

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01: Fluxograma da pesquisa.....                                                                     | 24 |
| Figura 02: Pontos de coleta de dados com a aplicação das pesquisas .....                                   | 27 |
| Figura 03: Controle de Transporte e Resíduos (CTR).....                                                    | 28 |
| Figura 04: Framework teórico .....                                                                         | 30 |
| Figura 05: Publicações por ano.....                                                                        | 33 |
| Figura 06: Densidade da rede relacionamentos .....                                                         | 34 |
| Figura 07: Rede de coocorrência de termos .....                                                            | 36 |
| Figura 08: Artigos publicados por país .....                                                               | 37 |
| Figura 09: Publicações por autor por citações .....                                                        | 38 |
| Figura 10: Rede de coautoria no tempo. ....                                                                | 39 |
| Figura 11: Segmentação da amostra filtrada. ....                                                           | 41 |
| Figura 12: Quantidade de resíduos gerados por região em 2018.....                                          | 43 |
| Figura 13: Mapa de localização da cidade de Bauru/SP .....                                                 | 71 |
| Figura 14: Plano diretor de 2008 do Município de Bauru.....                                                | 73 |
| Figura 15: Lançamento de imóveis residenciais em Bauru/SP: .....                                           | 74 |
| Figura 16: Lançamento de imóveis residenciais em Bauru em relação aos Setores de Planejamento Urbano.....  | 75 |
| Figura 17: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Pequeno gerador .....                                  | 77 |
| Figura 18: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Médio gerador .....                                    | 78 |
| Figura 19: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Grande gerador .....                                   | 79 |
| Figura 20: Acervo eletrônico da Secretaria de Meio Ambiente (SEMMA) da Prefeitura Municipal de Bauru ..... | 82 |
| Figura 21: Localização dos Ecopontos no município de Bauru .....                                           | 85 |
| Figura 22: Estrutura administrativa dos Ecopontos.....                                                     | 86 |
| Figura 23: Localização dos ECOPONTOS por Setor de Planejamento Urbano (SPU)... ..                          | 87 |
| Figura 24: Ecoponto - Antônio Eufrásio de Toledo. ....                                                     | 89 |
| Figura 25: Ecoponto - Mary Dota. ....                                                                      | 90 |
| Figura 26: Ecoponto - Jardim Redentor/ Geisel.....                                                         | 91 |
| Figura 27: Ecoponto - Edson Francisco da Silva.....                                                        | 92 |
| Figura 28: Ecoponto - Pousada I .....                                                                      | 93 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 29: Ecoponto - Parque Viaduto. ....                                                               | 94  |
| Figura 30: Ecoponto - Engenheiro Octávio Rasi.....                                                       | 94  |
| Figura 31: Ecoponto - Santa Edwirges.....                                                                | 95  |
| Figura 32: Localização das áreas de recepção do RCD .....                                                | 97  |
| Figura 33: Localização das áreas de grandes recebimentos por Setor de Planejamento Urbano (SPU).....     | 98  |
| Figura 34: Área de triagem e britador da usina Viverde Rays. ....                                        | 100 |
| Figura 35: Instalações do Grupo Reghine. ....                                                            | 102 |
| Figura 36: instalações e operações de recebimento e triagem pela ASTEN. ....                             | 103 |
| Figura 37: Detalhes das instalações e materiais empilhados na Usina Municipal de reciclagem de RCD. .... | 105 |
| Figura 38: Locais irregulares de recebimento de RCD.....                                                 | 106 |
| Figura 39: Situação atual da ligação Pousada / Gasparini. ....                                           | 107 |
| Figura 40: Caracterização do transporte de RCD em Bauru.....                                             | 108 |
| Figura 41: Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). ....                        | 129 |

# Lista de Tabelas

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 01: Limitações de áreas de pesquisa da Base Dados SCOPUS. ....                                                            | 32  |
| Tabela 02: Limitações de áreas de pesquisa da Base Dados Web of Science. ....                                                    | 32  |
| Tabela 03: Quantidade de publicações dos dez periódicos mais ativos por ano.....                                                 | 37  |
| Tabela 04: Classificação dos resíduos da construção civil. ....                                                                  | 48  |
| Tabela 05: Estudos de WGR.....                                                                                                   | 51  |
| Tabela 06: Melhores práticas para o tratamento e recuperação de RCD.....                                                         | 54  |
| Tabela 07: Comparativo entre concreto reciclado e concreto natural .....                                                         | 56  |
| Tabela 08: Aplicações para agregado e concreto de agregado reciclado .....                                                       | 57  |
| Tabela 09: Barreiras para aplicação do agregado reciclado .....                                                                  | 59  |
| Tabela 10: Barreiras para aplicação do agregado reciclado .....                                                                  | 60  |
| Tabela 11: RCD coletado e RCD per capta .....                                                                                    | 63  |
| Tabela 12: Relação entre municípios atendidos e população. ....                                                                  | 64  |
| Tabela 13: Coleta de RCD nas regiões do Brasil. ....                                                                             | 65  |
| Tabela 14: Referencial Teórico.....                                                                                              | 67  |
| Tabela 15: Pesquisa para aplicação em pontos de recebimento de RCD. ....                                                         | 68  |
| Tabela 16: Pesquisa para aplicação no transportadores de RCD. ....                                                               | 68  |
| Tabela 17: Pesquisa para aplicação na prefeitura. ....                                                                           | 69  |
| Tabela 18: Definições por classe de geração de RCD. ....                                                                         | 76  |
| Tabela 19: Aplicações para reutilização dos materiais classe A e agregados reciclados ou produtos que os contenham.....          | 80  |
| Tabela 20: Termos condicionantes para aplicação dos materiais classe A e agregados reciclados ou produtos que os contenham. .... | 81  |
| Tabela 21: Relação de Ecopontos .....                                                                                            | 88  |
| Tabela 22: Relação das áreas de grande recebimento .....                                                                         | 96  |
| Tabela 23: Resíduos recebidos no ano de 2019 - Viverde Rays.....                                                                 | 100 |
| Tabela 24: Estimativa de resíduos entregues nas estruturas de recebimento do município de Bauru, no ano de 2019 .....            | 110 |
| Tabela 25: Geração provável de RCD per capta por dia. ....                                                                       | 112 |
| Tabela 26: Lista de Transportadores de RCD em Bauru, associados da ASTEN. ....                                                   | 127 |
| Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.....                                                          | 132 |
| Tabela 28: Artigos submetidos e publicados.....                                                                                  | 156 |

# Lista de Siglas e Abreviaturas

|         |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| ABRELPE | Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais |
| ACV     | Análise do ciclo de vida                                                  |
| ASCAM   | Associação de Catadores de Materiais Recicláveis                          |
| ASTEN   | Associação dos Transportadores de Entulhos e Agregados de Bauru           |
| ATT     | Áreas de transborde e triagem                                             |
| BIM     | <i>Building Information Model</i>                                         |
| C&D     | <i>Construction and demolition</i>                                        |
| C2CA    | Concreto para Cimento e Agregado                                          |
| CA      | Capacidade                                                                |
| CDW     | Construction and demolition waste                                         |
| CL      | Classificação                                                             |
| CONAMA  | Conselho nacional do meio ambiente                                        |
| CTR     | Controle de transporte de resíduos                                        |
| GE      | Geração                                                                   |
| GPS     | <i>Global Position System</i>                                             |
| GRC     | <i>Generation rate calculation</i>                                        |
| IBGE    | Instituto brasileiro de geografia e estatística                           |
| IDHM    | Índice de desenvolvimento Humano Municipal                                |
| IEA     | <i>International Energy Agency</i>                                        |
| JCR     | <i>Journal Impact factor</i>                                              |

|         |                                                                     |
|---------|---------------------------------------------------------------------|
| MA      | Mapeamento                                                          |
| NBR     | Normas Brasileiras                                                  |
| ONU     | Organizações das Nações Unidas                                      |
| PGRCC   | Projeto de gerenciamento de resíduos da construção                  |
| PIB     | Produto interno bruto                                               |
| PMB     | Prefeitura municipal de Bauru                                       |
| PNRS    | Política nacional dos resíduos sólidos                              |
| RCD     | Resíduos da construção e demolição                                  |
| RSU     | Resíduos Sólidos Urbano                                             |
| SEMMA   | Secretaria do Meio Ambiente                                         |
| SEPLAN  | Secretaria de Planejamento                                          |
| SINIR   | Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos |
| SISNAMA | Sistema Nacional do Meio Ambiente                                   |
| SPU     | Sistema de Planejamento Urbano                                      |
| USEPA   | <i>United States Environmental Protection Agency</i>                |
| WGR     | <i>Waste generation rate</i>                                        |

# Sumário

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 1</b>                                                 | <b>17</b> |
| <b>1. Introdução</b>                                              | <b>17</b> |
| <b>2. Objetivo principal</b>                                      | <b>20</b> |
| 2.1. Objetivos secundários                                        | 20        |
| <b>3. Questão da pesquisa</b>                                     | <b>20</b> |
| <b>4. Justificativas da pesquisa</b>                              | <b>21</b> |
| <b>5. Desenvolvimento da pesquisa</b>                             | <b>22</b> |
| <b>Capítulo 2</b>                                                 | <b>25</b> |
| <b>6. Método</b>                                                  | <b>25</b> |
| <b>7. Síntese da literatura</b>                                   | <b>29</b> |
| 7.1. Análise Bibliométrica                                        | 29        |
| 7.1.1. Análise de redes                                           | 30        |
| 7.1.2. Resultados da pesquisa no banco de dados                   | 31        |
| 7.1.3. Análise de conteúdo                                        | 40        |
| 7.2. Revisão da Literatura                                        | 41        |
| 7.2.1. Resíduos Sólidos                                           | 42        |
| 7.2.2. Resíduos da Construção Civil                               | 44        |
| 7.2.3. Agregado Reciclado                                         | 52        |
| 7.2.4. Legislação – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) | 61        |
| 7.3. Elaboração da pesquisa                                       | 65        |
| <b>Capítulo 3</b>                                                 | <b>70</b> |
| <b>8. Resultados e Discussões</b>                                 | <b>70</b> |
| 8.1. Objeto de estudo                                             | 70        |

|            |                                                                                       |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.2.       | Legislação.....                                                                       | 75         |
| 8.3.       | Plano Municipal para o Resíduos da Construção e Demolição .....                       | 82         |
| 8.4.       | Estruturas de recebimento do RCD.....                                                 | 84         |
| 8.4.1.     | Estruturas de recebimento de pequenos volumes - Ecopontos .....                       | 84         |
| 8.4.2.     | Estruturas de recebimento de grandes volumes.....                                     | 96         |
| 8.5.       | Locais de recebimentos irregulares.....                                               | 105        |
| 8.6.       | Transportadoras .....                                                                 | 108        |
| 8.7.       | Estimativa de Geração de RCD no Município de Bauru .....                              | 109        |
| <b>9.</b>  | <b>Considerações Finais.....</b>                                                      | <b>113</b> |
| <b>10.</b> | <b>Referências .....</b>                                                              | <b>117</b> |
| <b>11.</b> | <b>Apêndices.....</b>                                                                 | <b>126</b> |
| 11.1       | Apêndice 01 - Empresas Transportadoras.....                                           | 127        |
| 11.2       | Apêndice 02 – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.<br>(PGRCC)..... | 129        |
| 11.3       | Apêndice 03 – Amostra de artigos da pesquisa .....                                    | 132        |
| 11.4       | Apêndice 04 – Disciplinas Cursadas.....                                               | 155        |
| 11.5       | Apêndice 05 – Produção Acadêmica .....                                                | 156        |



# Capítulo 1

## 1. Introdução

O meio ambiente é um balanço eterno e harmônico entre massa e energia. A Conferência de Estocolmo de 1972, entre as suas declarações, proclamou que o homem é construtor do meio ambiente que lhe dá sustento e oportunidades e que o natural e o artificial são essenciais para o bem-estar, e que as transformações geram os benefícios e desenvolvimento. Tais declarações instituíram princípios a serem seguidos, como por exemplos: o do direito fundamental à liberdade em um meio ambiente de qualidade e da obrigação de protegê-lo e melhorá-lo para as gerações presente e futuras (*UNITED NATIONS PUBLICATIONS*, 1972)

No Brasil, em 2010 a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a), institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações ligada as premissas do movimento das construções reafirmando a obrigatoriedade de elaboração de planos de resíduos sólidos para todos os municípios para o tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada.

Segundo dados da *Construction Intelligence Center* (2018), esta indústria da construção civil, tem previsão de expansão de 3,6% durante o período de 2018 a 2022, pareados com as previsões do Fundo Monetário Internacional (2019), com crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) global de 3,2% em 2019, 3,5% em 2020. O crescimento deste setor se dá a base do consumo intensivo de recursos naturais com produção relevante de resíduos que devem ser minimizados e tratados de forma ambientalmente adequados, para viabilizar atividade da construção civil e atender as preocupações da sociedade atual com o meio ambiente.

As atividades da construção civil não podem ser consideradas ecológicas, pois impactam diretamente o meio ambiente com a grande produção de resíduos. Pesquisas da *International Energy Agency* (IEA, 2018), indicam que o setor representa a maior parcela das emissões globais totais de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia, embora tenha se estabilizado desde 2015, já com relação aos depósitos de resíduos em aterros. E, de acordo com Li e Zhang (2013) a construção civil responde por 10 a 30% do total depositado.

Estudos bibliométricos dos autores Kofoworola e Gheewala, (2008); Wu *et al.* (2016); Paz *et al.* (2018); Yu *et al.* (2019); Islam *et al.*, (2019); etc, mostram que as cidades de países e regiões em desenvolvimento como: Bangcoque (Tailândia), Kuala Lumpur (Malásia), Recife (Brasil), Shenzhen (China) e Dahka (Bangladesh), experimentam uma grande expansão populacional urbana que tem como uma das consequências, os problemas associados ao aumento significativo da geração de resíduos de construção e demolição (RCD), fato que chama a atenção para a necessidade de um gerenciamento eficaz do RCD, dada a escassez de recursos naturais e os desafios da localização de novos aterros nas áreas urbanas (BAKSHAN *et al.*, 2015).

Segundo estudos dos autores Akhtar e Sarmah (2018) a geração mundial do RCD excedeu entre os anos 2011 e 2012 os 3 bilhões de toneladas, sendo que EUA, China e Índia respondem por mais de 2 bilhões de toneladas. Conforme os estudos de Bakchan *et al.* (2019) os Estados Unidos - USA, aumentou a quantidade de RCD gerado nas 2 últimas décadas e atingiu a soma de 548 milhões de toneladas de RCD em 2015 (USEPA, 2018).

Entre os impactos negativos da grande quantidade gerada de RCD é a rápida ocupação dos aterros para o a acomodação do resíduo no meio ambiente, sendo o despejo ilegal muitas vezes usado em todo o mundo, como China, Malásia, Hong Kong, Israel e Brasil. Grandes cidades como Shenzhen (China) e Chennai (Índia) e pais como o Sri Lanka, foram seriamente afetados por eventos desastrosos em decorrência do descarte inadequado do RCD (DUAN *et al.*, 2018), isso mostra que a disposição ambientalmente adequada dos resíduos é um desafio que cresce em função do desenvolvimento econômico, um problema que a afeta

inclusive países desenvolvidos da Europa, onde os resultados dos planos do gerenciamento dos resíduos, divergem em função da qualidade da sua implantação (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018).

Ainda que existam muitos aspectos negativos ligados aos resíduos da construção civil, há de se observar os dispositivos legais de cada país com vistas aos benefícios sociais, como é caso dos programas de reciclagem, em que as atividades da construção civil, tem no reaproveitamento dos seus resíduos, o fechamento do ciclo produtivo que gera oportunidades de redução dos impactos ambientais negativos, rebalanceamento do fluxo dos materiais e serviços e renda derivada do beneficiamento e acondicionamento destes resíduos.

A quantidade de RCD é uma parcela significativa dos resíduos sólidos municipais, estudos dos autores: Paz *et al.* (2018); Wu. Z *et al.* (2014); Esa *et al.* (2017); Guerra *et al.* (2019); Yu *et al.* (2012); Jim *et al.* (2018) e Tam e Hao (2014) mostram que existem preocupações no mundo todo relacionando o RCD com as políticas públicas, seja por viés econômico, social ou ambiental.

Diante deste contexto, esta pesquisa capturou, a partir da seleção de palavras chaves e filtros, que juntos formaram a fronteira do escopo deste trabalho, 99 artigos científicos pertinentes ao tema RCD, sendo 20% deles, relacionados a gestão e políticas públicas municipais.

## **2. Objetivo principal**

A pesquisa busca identificar os atores envolvidos (Prefeitura, transportadores, locais de armazenamento, triagem, reciclagem e disposição final) ao longo do ciclo dos resíduos sólidos da construção civil, no município de Bauru/SP, com o objetivo de realizar um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil no município de Bauru/SP, além de quantificar a provável geração de RCD no município.

### **2.1. Objetivos secundários**

- Identificar os agentes envolvidos nas atividades de coleta, transporte e recebimento do RCD no município.
- Verificar a existência e aplicação das políticas públicas atualizadas no município.
- Caracterizar a logística de coleta do RCD no município.
- Quantificar locais de recebimento e tratamento de resíduos no município.
- Estimar a geração do RCD anual no município, bem como o índice de geração per capita.
- Identificar as possibilidades de aplicações para o agregado reciclado.

## **3. Questão da pesquisa**

A pesquisa irá explorar o sistema de gestão de resíduos sólidos da construção civil em um município de médio porte<sup>1</sup> e deverá responder: Como o município de Bauru gerencia os resíduos sólidos da construção civil e quais os desafios para uma gestão eficiente.

---

<sup>1</sup> Municípios com população entre 100 mil e 500 mil habitantes (IBGE, 2016).

#### 4. Justificativas da pesquisa

A Agenda 2030 da ONU (2015) declara que o desenvolvimento urbano e a gestão sustentável são fundamentais para a qualidade de vida e propõe um trabalho conjunto com as autoridades e comunidades locais para renovar e planejar as cidades e os assentamentos urbanos. Ela estabelece o objetivo de assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, com redução substancial até 2030 da geração de resíduos por meio de prevenção, redução, reciclagem e reuso.

Desta forma, a pesquisa se justifica pela importância que se tem nas atividades da construção civil que é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, gerando emprego e bem-estar social, respondendo por cerca de 40% do capital internacional segundo Schenini *et al.* (2004) e 15% dos empregos nacionais (MEDEIROS, 2006). O uso intensivo de recursos pressiona o meio ambiente com a extração elevada de matérias primas e com as altas taxas de emissões durante a fabricação, transporte e aplicação dos materiais nas obras de construção civil.

Segundo os autores Wu *et al.* (2014), conhecer a tendência da geração de resíduos pode ajudar na formulação de regulamentações para tomada de decisões eficazes, sendo que a quantidade e a capacidade dos locais de tratamento de resíduos podem ser determinadas de acordo com essas informações.

Neste contexto os autores Sáez *et al.* (2011) discorrem que prever os aspectos de geração de resíduos com antecedência ajuda na atribuição de um gerenciamento ideal e sistemático aos tratamentos destes, com foco na redução e reutilização em oposição a um descarte definitivo e ainda é possível antecipar boas práticas para o gerenciamento correto em todo processo de construção.

Do ponto de vista da sociedade atual entender como está sendo gerido impactos positivos da redução da geração dos resíduos, reciclagem e disposição

final ambientalmente adequada, bem como, os negativos: poluição ambiental, consumo intensivo de recursos naturais e ocupação desordenada do solo com o descarte inadequado é de fundamental importância, para localizar e inserir o cidadão no fluxo do RCD, com responsabilidades de acordo com o papel exercido.

A reconstrução da realidade de acordo com os atores envolvidos no sistema de geração de resíduos sólidos da construção civil (GRSCC) possibilitará a expansão de conhecimento científico e prático, a partir de um estudo de caso no município de Bauru estado de São Paulo, de onde se pretende extrair os pontos fortes e fracos de um sistema de gerenciamento do RCD.

O município escolhido para o desenvolver este estudo, justifica-se pela sua relevância econômica, tendo um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 35.577,22, sendo o maior da sua macrorregião compostas por outras 20 cidades, bem como, a relevância populacional sendo a 16ª maior população do estado de São Paulo o qual faz parte (IBGE, 2016). Além disso, dados setoriais locais, fornecidos pelo Sindicato da Habitação SECOVI-SP (2019), apontam para o município de Bauru/SP, um crescimento de 109% na oferta do mercado imobiliário local entre os anos 2017 e 2018, que impactaram na geração do RCD. Por fim, o município conta desde 2011, com uma legislação própria para o gerenciamento do RCD em atendimento a PNRS, o que viabilizou a coleta de dados.

## **5. Desenvolvimento da pesquisa**

A pesquisa foi estruturada em 3 capítulos divididos em tópicos e subtópicos, conforme ilustrado na (Figura 01). O capítulo 1 introduziu e contextualizou o tema, apresentou os objetivos principais e secundários e justificou a pesquisa, o capítulo 2, estabelecerá o método e o referencial teórico que dará a sustentação para a aplicação do estudo de caso; e por fim o capítulo 3, irá apresentar os resultados encontrados, suas discussões e considerações. A estrutura detalhada da pesquisa está disposta da seguinte forma:

## **Capítulo 2**

### **Tópico 6 – Método**

- Estabelecimento das fronteiras da pesquisa.
- Coleta de dados.
- Agregação e organização das informações coletadas.

### **Tópico 7 – Síntese da Literatura**

- Bibliometria com breve análise de redes de coautoria, palavras mais utilizadas e periódicos mais ativos
- Discussão das publicações relacionadas ao tema resíduos sólidos da construção civil organizados em Resíduos Sólidos e Resíduos da Construção Civil

## **Capítulo 3**

### **Tópico 8 – Resultados e Discussões**

- Apresentação e contextualização do objeto de estudo escolhido; Município de Bauru/SP
- Caracterização do município com relação localização geográfica, renda, população e atividades da construção civil.
- Apresentação da legislação que rege a gestão e o manejo dos RCD no município.
- Discussões dos resultados parciais encontrados no “*website*” da prefeitura municipal de Bauru.
- Identificação preliminar dos agentes cadastrados para transporte e recebimento do RCD
- Apresentação das estruturas físicas disponíveis para o recebimento do RCD; Ecopontos e locais de grandes volumes

## **Tópico 09 – Considerações Finais**

- Considerações finais sobre os resultados encontrados, bem como o potencial do município como gerador e gestor do RCD.
- Caracterização dos limites da pesquisa e variações metodológicas.
- Recomendações para pesquisas futuras

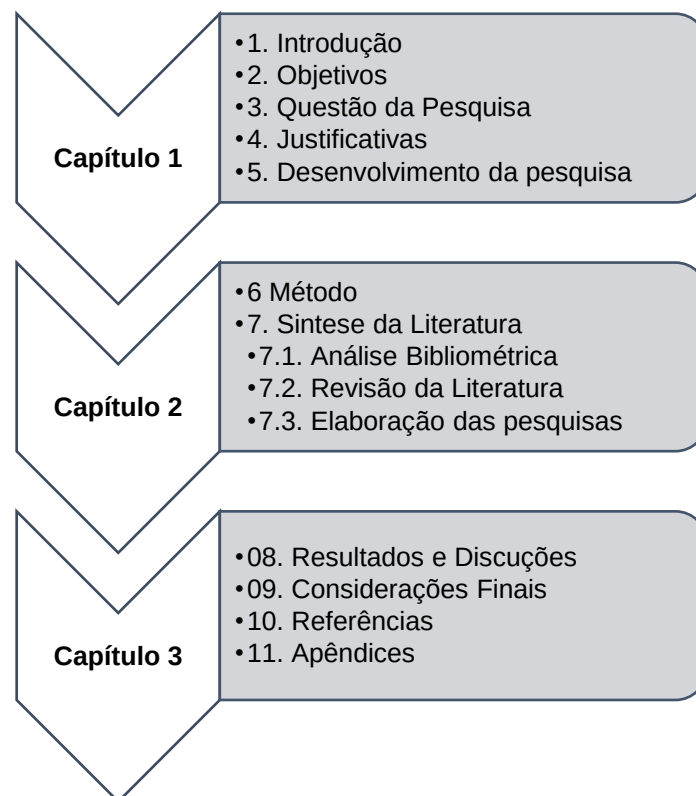
## **Tópico 10 – Referências**

- Lista com todas as referências utilizadas neste trabalho

## **Tópico 11 – Apêndices**

- Demais documentos de apoio utilizados no desenvolvimento da pesquisa

Figura 01: Fluxograma da pesquisa





## Capítulo 2

### 6. Método

A metodologia de trabalho partiu da aplicação de pesquisas nas partes interessadas elegidas, sendo elas: a Prefeitura Municipal de Bauru e os agentes cadastrados na prefeitura (transportadores da coleta do RCD e os locais de recebimento de RCD)

Optou-se por utilizar a pesquisa com abordagem mista (qualitativa e quantitativa) por meio do procedimento de pesquisa, agrupando os dados. Método bastante utilizado entre os pesquisadores deste tema, tais como Melo *et al.* (2011); Llatas (2011); Neto e Schalch (2010) e Pinto (1999).

Os dados estão servindo cada vez mais como base para a tomada de decisões no gerenciamento de resíduos, desde informações sobre o layout e características dos bairros locais e a atividade de caminhões de coleta até dados sobre recuperação de taxas de resíduos. Informações precisas permitem que governos e operadores projetem e executem operações mais eficientes.

Alguns exemplos de informações podem ser agregados usando um sistema de dados de gerenciamento de resíduos, conforme citações no trabalhos que realizaram pesquisa, ou seja:

- Locais e rotas em tempo real de veículos de coleta.
- Peso de resíduos descartados em locais diferentes.
- Emissões de aterros ou instalações de desperdício de energia.
- Registros de pagamentos dos usuários.
- Histórico de coleta de lixo nas residências.
- Registro de transportadores.
- Feedback dos cidadãos.
- Inventário de instalações e equipamentos.

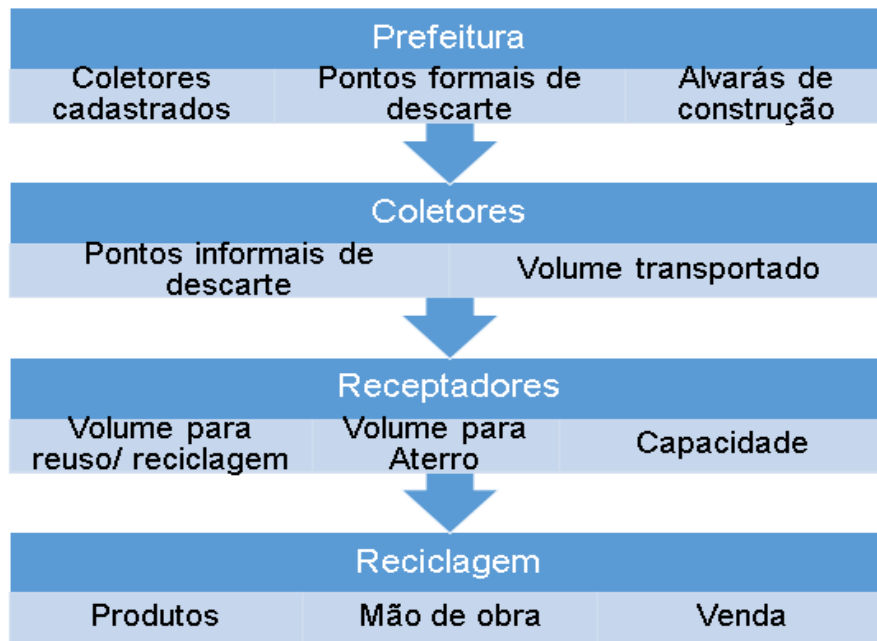
A partir do protocolo estabelecido por Melo *et al.* (2011), a presente pesquisa irá identificar os agentes envolvidos na geração, transporte e recepção do RCD para posterior mapeamento do sistema com estimativas de geração do RCD, localização dos pontos de descartes e aderência às políticas públicas vigentes para o município de Bauru/SP.

Inicialmente foi realizado o levantamento preliminar dos dados a partir do acesso ao acervo eletrônico da prefeitura municipal, de onde se pretende obter dados históricos até a data mais recente disponível da geração e transporte do RCD, além dos cadastros de prestadores de serviços (coletores e receptadores), localização dos pontos de recepção e políticas públicas de gestão que possibilitaram o mapeamento dos processos.

Segundo Melo *et al.* (2011), deve-se obter os dados dos agentes de transporte e recebimento a partir da listagem de agentes transportadores e agentes receptadores ambos cadastrados na prefeitura, além de pesquisa, via internet, de endereços físicos e eletrônicos, bem como telefones de contato. O contato telefônico com os agentes pesquisados foi feito para confirmação dos dados de endereços, telefone e pessoa responsável.

Para a reconstrução da realidade pretendida neste trabalho, foram realizadas pesquisas em campo a fim de obter dados reais e atualizados da geração transporte e descarte do RCD. As pesquisas contam com perguntas abertas baseadas na revisão da literatura e foram aplicadas na prefeitura e nos agentes cadastrados de transporte e recebimento do RCD, A Figura 02, relaciona-se às partes interessadas e os dados esperados de cada entrevista.

Figura 02: Pontos de coleta de dados com a aplicação das pesquisas



Baseados nos estudos de Melo *et al.* (2011) o principal dado obtido com a aplicação da pesquisa na Prefeitura Municipal de Bauru foi, a geração de RCD que foi contabilizado no município no ano de 2019, além da localização dos descartes irregulares. já as pesquisas que foram aplicadas aos prestadores de serviços cadastrados, teve como objetivos principais a obtenção dos dados históricos de transporte e recebimento do RCD, controlados a partir do Certificado de Transporte de Resíduos (CTR), Figura 03, obrigatório para o transporte deste tipo de carga, conforme o Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011), além da obtenção das informações de localização, capacidades, reciclagem e estrutura dos sistemas de transporte e descarte do RCD.

Figura 03: Controle de Transporte e Resíduos (CTR).

| <b>CTR - CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Número de Controle: 86262                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DA TRANSPORTADORA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                      |
| Nome / Razão Social: PROGRESSO LOCAÇÃO DE CAÇAMBAS LTDA ME                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                      |
| CPF / CNPJ: 06.108.984/0001-05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      |
| Endereço: RUA AGOSTINHO FORNETTI QUADRA DE 4 A 99                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Número: 6-21                         |
| Bairro: CIDADE JARDIM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                      |
| Telefone: (14) 3232-4040                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Cadastro Ambiental: 5                |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DO CONDUTOR E VEÍCULO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                      |
| Nome do Condutor: [REDACTED]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CNH: 02108866000                     |
| Placa do Veículo: DPB-6403                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Número da Caçamba: 00050027          |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DO GERADOR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                      |
| Nome / Razão Social: [REDACTED]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                      |
| CPF / CNPJ: [REDACTED]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                      |
| Endereço: AVENIDA JOSE VICENTE AIELLO S/N                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      |
| Número: 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Complemento: [REDACTED]              |
| Bairro: PARQUE DAS NACOES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Telefone: [REDACTED]                 |
| Responsável pela Expedição do Resíduo: [REDACTED]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
| Cargo: SECRETÁRIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Assinatura: [REDACTED]               |
| Data de Entrega da Caçamba: 10/09/2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Horário de Entrega da Caçamba: 11:20 |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Peso ou Volume</b>                |
| CLASSE "A" - TIJOLOS, TELHAS (CERÂMICA OU FIBROCIMENTO), CONCRETO, PRÉ-MOLDADOS, SOLOS-TERRAPLANAGEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3 m³                                 |
| CLASSE "B" - PLÁSTICOS, PAPEL, PAPELÃO, METAIS, VIDROS, MADEIRAS E GESSO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 m³                                 |
| <b>IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA RECEPTORA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                      |
| Nome / Razão Social: APARECIDO REGHINE - EPP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                      |
| CPF / CNPJ: 45.033.750/0002-89                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Cadastro Ambiental: 5865             |
| Endereço: RUA ARMANDO LAMBERTINI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Número: 2-155                        |
| Bairro: DISTRITO INDUSTRIAL MARCUS VINICIUS FELIZ MACHADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Telefone: (14) 3234-2400             |
| Data de Recebimento: 15/09/2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Horário de Recebimento: 16:30        |
| Responsável pelo Recebimento do Resíduo: gersonalves                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                      |
| <p align="center"><b>ORIENTAÇÃO AO USUÁRIO DE ACORDO COM O DECRETO MUNICIPAL 11.689/11 E SANÇÕES NELE PREVISTOS E LEI MUNICIPAL 3.982/95</b></p> <p>a) O gerador é proibido de misturar resíduos da construção civil e outros, na mesma caçamba ou container;</p> <p>b) O transportador é proibido de coletar e transportar equipamentos com resíduos domiciliares, industriais e outros, quando os mesmos forem destinados às áreas de recepção de resíduos da construção civil;</p> <p>c) O gerador só pode dispor de resíduos até o limite superior original do equipamento;</p> <p>d) O transportador é obrigado a usar dispositivo de cobertura de carga dos resíduos;</p> <p>e) As caçambas ou containers devem ser estacionadas prioritariamente no interior do imóvel;</p> <p>f) Ao gerador é proibido contratar transportador não conveniado a administração municipal;</p> <p>g) O transportador tem o dever de entregar ao gerador, cópia deste CTR e da comprovação da correta destinação dos resíduos coletados.</p> |                                      |

1ª VIA - GERADOR / 2ª VIA - TRANSPORTADOR / 3ª VIA - ÁREA RECEPTORA / 4ª VIA - PREFEITURA (SEMMA)

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (SEMMA) – Prefeitura Municipal de Bauru.  
(BAURU, 2011)

De posse dos dados obtidos em campo e seguindo os estudos do pesquisadores Pinto (1999) e Neto e Schalch (2010), foram identificadas as capacidades do sistema de gerenciamento do RCD em Bauru/SP, para estimar o volume de geração do município e o respectivo índice per capita, além do mapeamento das áreas de descarte do RCD, incluindo também as áreas irregulares.

## **7. Síntese da literatura**

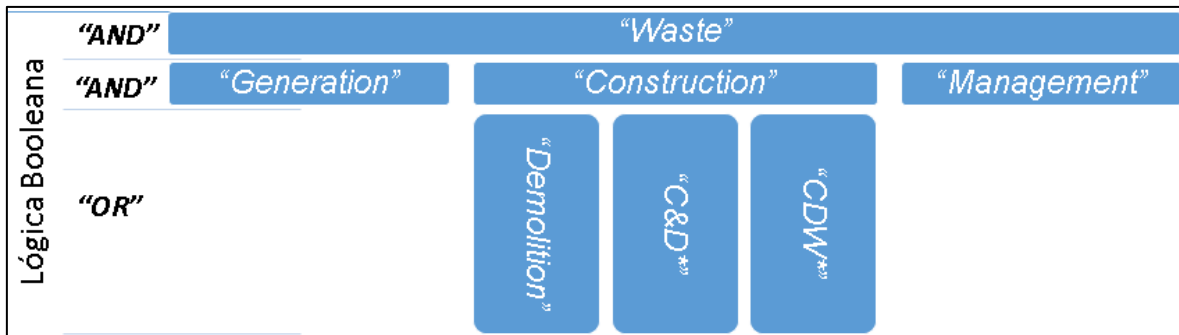
A síntese da literatura seguirá em duas etapas distintas sendo a primeira o levantamento bibliométrico, com o objetivo de avaliar se a amostra de documentos obtida a partir da busca na base de dados é adequada a pesquisa e a segunda, à revisão da literatura que será o referencial teórico que embasará o processo metodológico.

### **7.1. Análise Bibliométrica**

Segundo Aksnes *et al.* (2019), dados bibliométricos podem fornecer uma visão única e sistemática da extensão e estrutura da colaboração científica, com a vantagem de facilitar a análise de grandes conjuntos de dados.

A partir de pesquisas preliminares não estruturadas em diversas bases de dados, foram identificadas as palavras chaves mais recorrentes no idioma inglês sobre o grande tema Resíduos Sólidos da Construção Civil que deu origem ao *framework* teórico indicado na Figura 04. Com aplicação de lógica Booleana tanto na base de dados SCOPUS como a *Web Of Science* obteve-se a amostra de artigos que compõem o universo desta pesquisa.

Figura 04: Framework teórico



### 7.1.1. Análise de redes

Análises de redes sociais e as ciências de redes lideram o esforço interdisciplinar para entender as redes (GARFIELD, 1999). Estudos dos autores Li *et al.* (2017) mostram que a análise de redes é amplamente empregada para visualizar e analisar as relações entre vários nós nos estudos bibliométricos relacionados, como coocorrência de palavras-chave, colaborações acadêmicas entre autores, instituições e países.

Para analisar e visualizar as redes bibliométricas deste estudo, foi adotado o *software VOSViewer* versão 1.6.6, que é uma ferramenta de mineração de texto desenvolvida por Van Eck e Waltman (2009). De acordo com os desenvolvedores, ele pode ser usado para construir mapas de autores ou periódicos com base em dados de citação ou para construir mapas de palavras chaves com base em dados de coocorrência,

A análise de datas de publicação foi realizada inicialmente com a intenção de entender a dinâmica e a evolução dos estudos relacionados a este tema. Esta análise foi realizada através da simples separação e contagem do número de publicações a cada ano, em seguida, foram construídas as redes de relacionamento entre autores, palavras-chaves e países de origem dos autores. A coautoria e a coocorrência da semântica foram a base para o mapeamento das redes.

Através da exportação da base de dados SCOPUS, deu-se a entrada no *software VOSViewer* para estabelecer de modo gráfico, mapas de relacionamento (grafos) que ilustram as conexões, ligações e forças entre os diferentes atores da rede, sejam autores, palavras chave ou países. Os critérios utilizados para a análise de coautoria foram da contagem total de autores com no mínimo 4 artigos publicados em razão da base relativamente já restrita pela seleção dos artigos com a presença de 4 palavras-chaves que obrigatoriamente devem ser concomitantes.

A busca de coautoria dos artigos, foi referenciada ao título, resumo e palavras chaves, com o mínimo de 4 ocorrências e com contagem binária, desconsiderando repetições. Também foram aplicados filtros disponíveis no *VOSViewer* para não considerar termos irrelevantes ao tema, ou seja, termos não diretamente ligados ao objeto da pesquisa. Após a seleção via “*software*”, uma segunda fase de filtragem, excluiu manualmente as palavras consideradas não relevantes, mas que são comuns em todos aos artigos científicos (por exemplo: *findings, conclusions, paper, word...*).

### **7.1.2. Resultados da pesquisa no banco de dados**

As pesquisas nas bases de dados, foram limitadas às publicações de artigos e revisões entre os anos de 2009 e 2019, nos idiomas espanhol, inglês e português e nas áreas mais próximas ao tema, conforme Tabelas 01 e 02. A base de dados SCOPUS, retornou o total de 471 documentos enquanto a *Web Of Science*, 375 documentos em linha com a característica mais restritiva desta segunda.

Tabela 01: Limitações de áreas de pesquisa da Base Dados SCOPUS.

| Áreas Incluídas                            | Áreas Excluídas                                                          |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <i>Environmental Science</i>               | <i>Energy</i>                                                            |
| <i>Engineering</i>                         | <i>Chemical; Chemistry; Biochemistry. Genetics and Molecular Biology</i> |
| <i>Business, Management and Accounting</i> | <i>Agricultural and Biological Sciences</i>                              |
| <i>Social Science</i>                      | <i>Medicine</i>                                                          |
| <i>Economics, Econometrics and Finance</i> | <i>Immunology and Microbiology</i>                                       |
| <i>Earth and Planetary Sciences</i>        | <i>Physics and Astronomy</i>                                             |
| <i>Computer Science</i>                    | <i>Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics</i>                        |
| <i>Decision Sciences</i>                   | <i>Arts and Humanities</i>                                               |
| <i>Mathematics</i>                         | <i>Nursing</i>                                                           |
| <i>Multidisciplinary</i>                   | <i>Veterinary</i>                                                        |

Fonte: Base de dados Scopus (2019).

Tabela 02: Limitações de áreas de pesquisa da Base Dados Web of Science.

| Áreas Incluídas                                             | Áreas Excluídas                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Environmental Sciences e Engineering</i>                 | <i>Materials Science Ceramics e Materials Science Paper Wood</i>                                                                                                 |
| <i>Green Sustainable Science Technology</i>                 | <i>Water Resources e Limnology</i>                                                                                                                               |
| <i>Engineering Civil</i>                                    | <i>Metereology Atmospheric Sciences</i>                                                                                                                          |
| <i>Construction Building Technology</i>                     | <i>Engineering Geological e Geology</i>                                                                                                                          |
| <i>Materials Science Multidisciplinary</i>                  | <i>Metallurgy Metallurgical Engineering</i>                                                                                                                      |
| <i>Engineering Multidisciplinary</i>                        | <i>Mineralogy e Mining Mineral Processing</i>                                                                                                                    |
| <i>Economics</i>                                            | <i>Thermodynamics</i>                                                                                                                                            |
| <i>Ecology</i>                                              | <i>Biotechnology applied microbiology</i>                                                                                                                        |
| <i>Engineering Industrial</i>                               | <i>Philosophy</i>                                                                                                                                                |
| <i>Architecture</i>                                         | <i>Agricultural Engineering</i>                                                                                                                                  |
| <i>Management</i>                                           | <i>Agronomy</i>                                                                                                                                                  |
| <i>Public Environmental Occupational Health</i>             | <i>Physics atomic Molecular Chemical; Physics Nuclear; Nuclear Science Technology</i>                                                                            |
| <i>Geoscience Multidisciplinary</i>                         | <i>Horticulture</i>                                                                                                                                              |
| <i>Multidisciplinary Sciences</i>                           | <i>Engineering Aerospace</i>                                                                                                                                     |
| <i>Engineering Mechanical</i>                               | <i>Forestry</i>                                                                                                                                                  |
| <i>Computer Science interdisciplinary applications</i>      | <i>Engineering Chemical; Chemistry Analytical; Chemistry Applied; Chemistry Physical; Electrochemistry; Geochemistry Geophysics; Chemistry Multidisciplinary</i> |
| <i>Geography e Computer Science Artificial Intelligence</i> |                                                                                                                                                                  |
| <i>Regional Urban Planning e Urban Studies</i>              | <i>Instruments instrumentation</i>                                                                                                                               |
| <i>Social Sciences Interdisciplinary</i>                    | <i>Energy</i>                                                                                                                                                    |
| <i>Engineering Manufacturing</i>                            | <i>Mechanics</i>                                                                                                                                                 |
| <i>Public Administration</i>                                | <i>Biodiversity Conservation</i>                                                                                                                                 |
| <i>Transportation Science Technology</i>                    | <i>Radiology Nuclear Medicine Medical Imaging</i>                                                                                                                |

Fonte: Base de dados Web of Science (2019).

Como ambas as bases de dados SCOPUS e Web of Science atribuem às publicações, categorias ou áreas temas que se assemelham, porém não necessariamente iguais, para evitar divergências de classificação e considerando

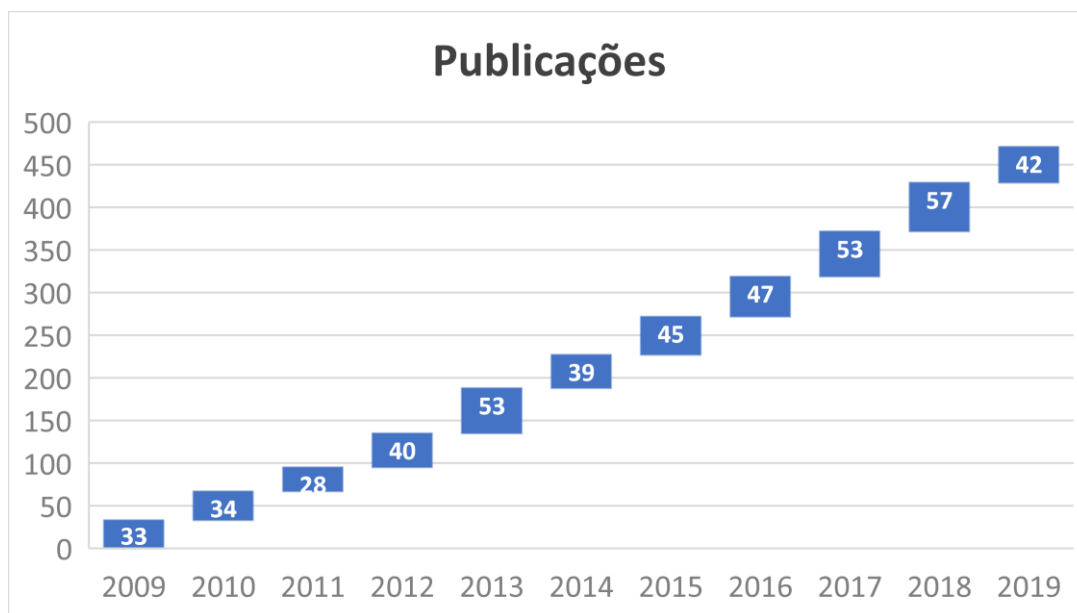


que a Scopus é uma base mais abrangente, e portanto, com uma amostra maior de publicações, a partir deste ponto, a pesquisa seguirá apenas com esta base de dados.

A Figura 05 mostra a distribuição dos artigos ao longo dos anos 2009 a 2019 onde se observa o aumento de interesse constante da comunidade acadêmica sobre o tema, dado que não se estabelecem pontos de estagnação entre os anos.

A quantidade média de publicações calculada considerando a soma das publicações anuais dividido pelo total de anos, é de 42,8 documentos por ano, sendo que 2013, 2017 e 2018 foram os mais pujantes com 53, 53 e 57 documentos publicados respectivamente e em contrapartida 2011 o de menor número de publicações, com apenas 28 documentos.

Figura 05: Publicações por ano



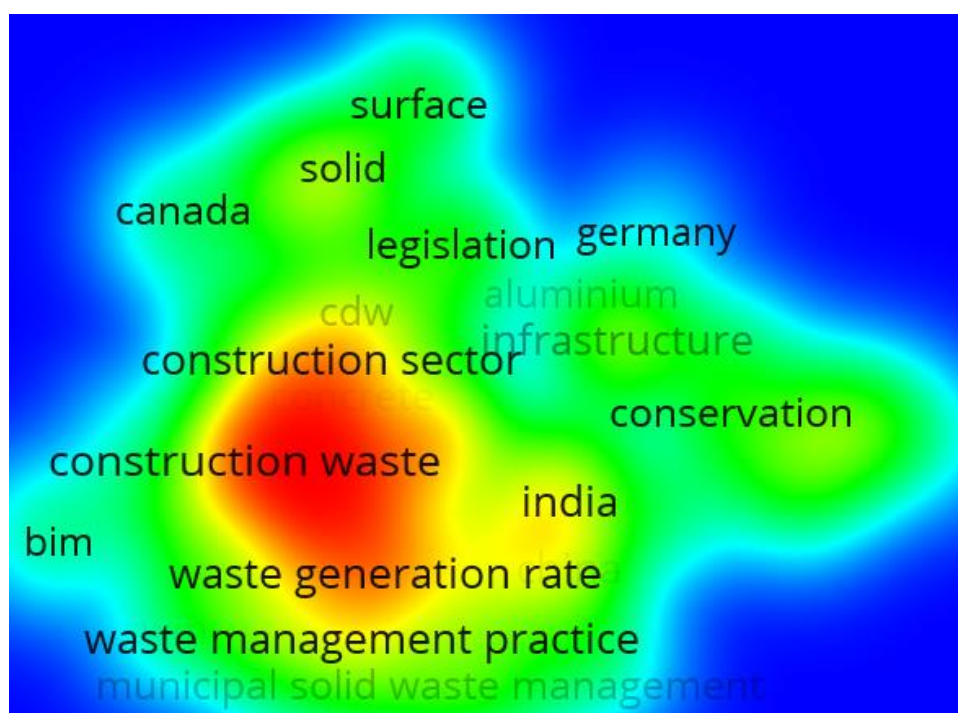
Fonte: Base de dados SCOPUS (2019).

A Figura 06 apresenta a densidade da rede de relacionamentos obtida a partir do número de ocorrências, onde vermelho representa a de maior densidade

e azul a de menor densidade. Depreende-se então, que os termos do “framework” teórico “Waste”, “Generation”, “Construction” e “Management”, são os de maior ocorrência, e portanto, centrais, denotando que a amostra está adequada para o estudo do tema proposto neste trabalho.

Segundo Van Eck e Waltman (2009) a visualização de densidade é particularmente útil para obter uma visão geral da estrutura geral de um mapa e chamar a atenção para as áreas mais importantes.

Figura 06: Densidade da rede relacionamentos



Fonte: Software VOSViewer Versão 1.6.6.

Um segundo filtro foi aplicado manualmente, considerando a redação dos títulos e os resumos, de forma a qualificar apenas publicações que tratam diretamente do grande tema Resíduos Sólidos da Construção Civil, alinhando assim, com os objetivos desta pesquisa. Desta forma, foram excluídas as publicações referentes aos temas: Energia, Análise de Ciclo de Vida, Desenvolvimento de Materiais, Química e Biologia, resultando em apenas 99

publicações, denominadas agora como “Amostra Filtrada”, consideradas potencialmente alinhadas aos objetivos da pesquisa,

A Figura 07 apresenta o estudo da rede de relacionamento dos termos mais recorrentes ao longo dos anos da Amostra Filtrada, é possível verificar que as publicações de fato giram em torno da construção civil e seus resíduos com a evolução das pesquisas que abordam o RCD.

Nos anos de 2013 e 2014 os termos “*measure*”, “*waste reduction*”, “*Industry*”, “*Incentive*” e “*government*” sugerem o interesse nos estudos sobre a necessidade e incentivos governamentais para redução de resíduos, conforme estudos dos autores Yu *et al.* (2012); Poon *et al.* (2013) e Tam e Hao (2014).

Entre os anos 2015 e 2016, os termos “*Waste Generation Rate WGR*”, “*quantification*”, “*demolition waste generation*” e “*policy maker*” exploram os modelos para quantificação de geração do RCD com vista as políticas públicas, conforme estudos dos autores Lu *et al.* (2015); Lu *et al.* (2016) e Paz e Lafayette (2016).

A partir do ano 2017, a evolução do tema RCD se faz presente com o avanço dos sistemas informacionais evidenciado pelo termo “*Building Information Model*” (BIM), conforme estudos dos autores Backchan *et al.* (2018) e Guerra *et al.* (2019).



Tabela 03: Quantidade de publicações dos dez periódicos mais ativos por ano

| Periódico                            | JCR   | Total     | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Waste Management                     | 5,431 | <b>23</b> | 2    | 1    | 1    | 0    | 2    | 2    | 1    | 3    | 4    | 1    | 6    |
| Resources Conservation And Recycling | 7,044 | <b>16</b> | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 2    | 3    | 1    | 3    | 1    | 2    |
| Waste Management And Research        | 2,015 | <b>14</b> | 0    | 1    | 1    | 2    | 2    | 1    | 0    | 2    | 2    | 2    | 1    |

Journal Impact Factor (JCR) Trend 2018

Fonte: Base de dados SCOPUS (2019).

Em complementação a Tabela 03, o direcionamento da pesquisa através dos periódicos mais ativos, a análise de coautoria entre os países, traz à tona onde a comunidade científica tem se debruçado para expansão da base do conhecimento, neste sentido, a Figura 08 mostra que China e Brasil, são os principais protagonistas desta amostra e portando, com quantidade substancial de conhecimento local entre as publicações.

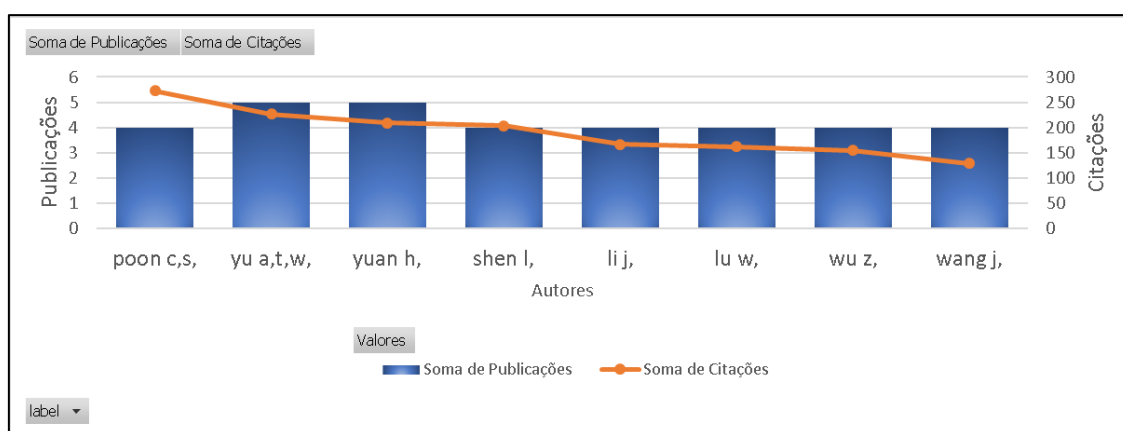
Figura 08: Artigos publicados por país



Fonte: Base de dados SCOPUS (2019).

Uma vez alinhada a amostra conforme o objetivo da pesquisa e identificadas as fontes e países mais ativos, resta saber quais autores se destacam neste tema. A Figura 09 evidencia os principais autores, que são 8 ao todo, com pelo menos 4 publicações e 4 citações de cada. As barras representam o número de publicações enquanto a linha, a quantidade de citações classificadas do maior para o menor e medidos pela base de dados SCOPUS.

Figura 09: Publicações por autor por citações



Fonte: Base de dados SCOPUS (2019).

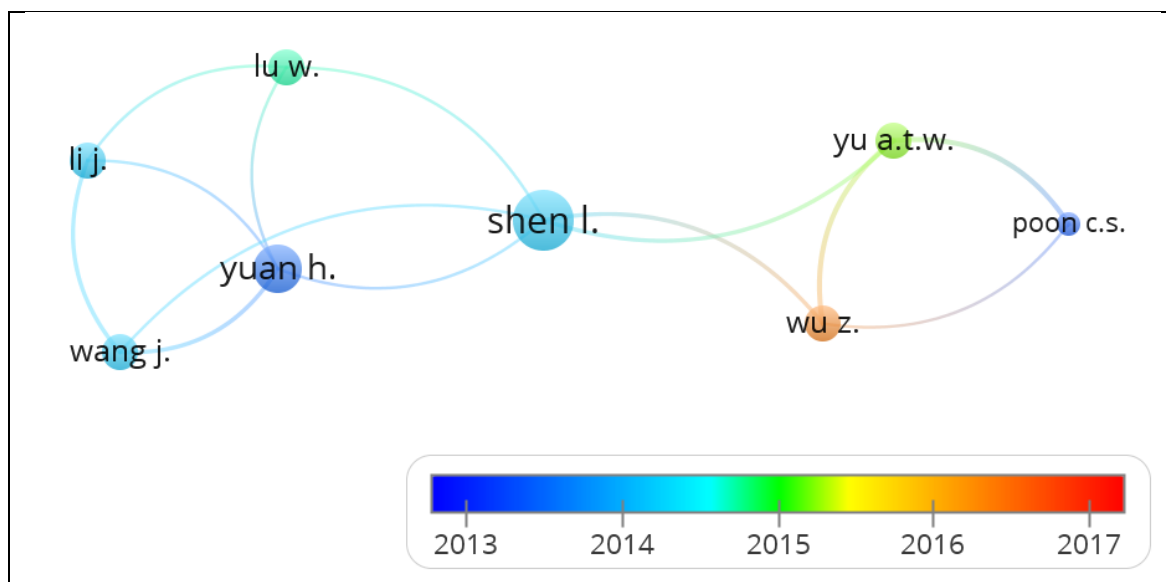
Com a maior quantide de citações na base de dados SCOPUS conforme a Figura 10, o autor Chi Sun Poon (Poon C. S.)<sup>2</sup> é um dos coautores do artigo “*Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong*” com 183 citações na base de dados SCOPUS e que trata do impacto na redução da geração de resíduos a partir de construções pré-fabricadas. (JAILLON *et al.*, 2008).

No campo do gerenciamento do RCD, estudos envolvendo métodos para quantificar a geração de resíduos foram recorrentes no período pesquisado compreendido entre os anos 2009 a 2019. Pesquisas dos autores Shen *et al.* (2004); Cochran *et al.* (2007); Kofoworola e Gheewala (2008); Li *et al.*, (2013); Wu

<sup>2</sup> Afiliado da universidade politécnica de Hong Kong.

et al. (2014); Bakshan et al. (2015); Lu et al. (2016); Yu et al. (2019) demonstram o interesse acadêmico para a aplicação das metodologias de quantificação de resíduos.

Figura 10: Rede de coautoria no tempo.



Fonte: Software VOSViewer Versão 1.6.6.

A rede de coautoria, disposta na Figura 10, evidencia a cooperação acadêmica entre os autores e mostra que o pesquisador Liyin Shen (Shen L)<sup>3</sup>, estabeleceu em meados de 2014 uma posição central na rede, sendo coautor do artigo de revisão: *“Quantifying construction and demolition waste: An analytical review”* com 85 citações na base de dados SCOPUS, que relacionou os métodos existentes de quantificação do RCD (Wu et al., 2014). Este trabalho fez referências com as pesquisas mais antigas do pesquisador Hongping Yuan (Yuan H)<sup>4</sup> que entre as suas coautorias está o artigo *“An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China”*, com 92 citações na base de dados SCOPUS, o estudo realiza a triagem e pesagem de resíduos no local em 04 projetos de construção em andamento para estimativa da taxa de geração de resíduo (LU et al., 2011).

<sup>3</sup> Afiliado da universidade de Chongqing - China

<sup>4</sup> Afiliado as Universidade Chinesas de Guangzhou, de Hong Kong e Jiaotong

Conectando às pesquisas mais recentes, os estudos do autor Zezhou Wu (Wu. Z)<sup>5</sup> em sua pesquisa cujo título é: *“Investigating the determinants of contractor’s construction and demolition waste management behavior in Mainland China”* teve 55 citações na base de dados SCOPUS e investigou os fatores de comportamento determinantes para a geração do RCD (WU *et al.*, 2016).

### **7.1.3. Análise de conteúdo**

Para a análise de conteúdo, foram analisadas todas as publicações em seu conteúdo e segregadas em 5 grandes grupos a saber: Gestão e Políticas Públicas, Otimização e Modelagem, Quantificação, Reuso e Reciclagem e Revisão de Literatura e Bibliometria. Estes grupos foram divididos de acordo com os objetivos contidos nas publicações e sumarizados conforme mostra a Figura 11.

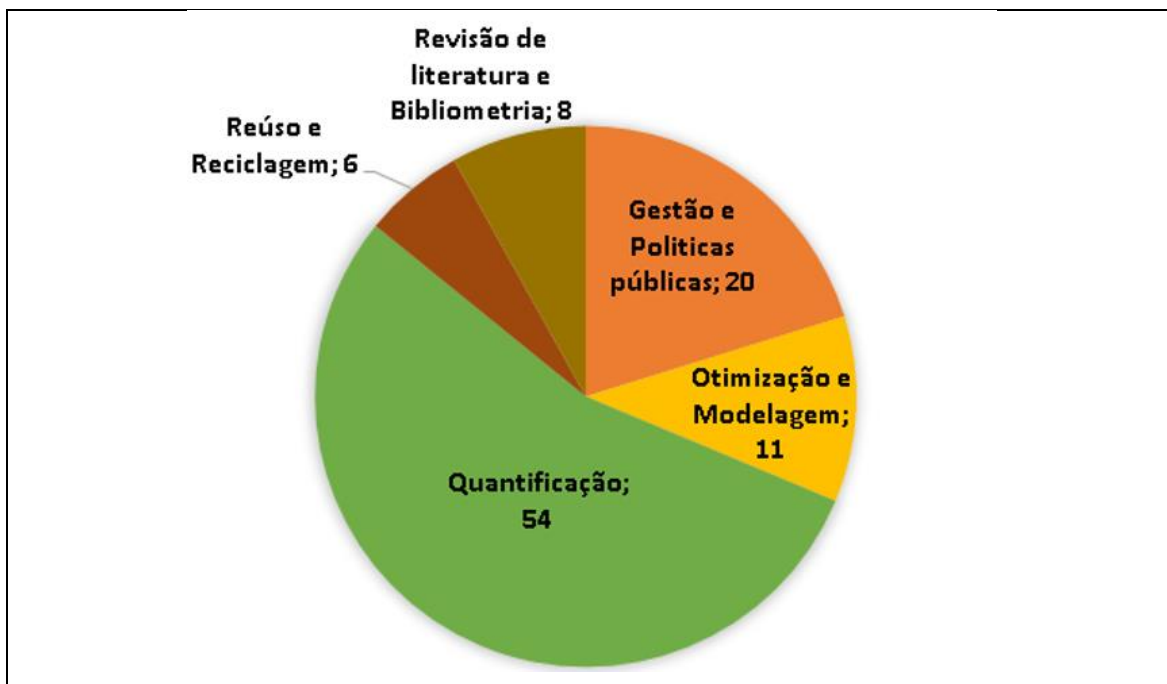
As publicações que fazem referências à quantificação representam mais de 50% do total da amostra indicando forte predominância que em conjunto com o grupo Gestão e Políticas Públicas, o segundo maior, cobrem mais de 70% da amostra. Considerando que o objetivo desta pesquisa permeia o levantamento de dados de geração e tratamento dos resíduos sólidos e busca entender a aderência das políticas públicas para este fim, a amostra filtrada com 99 publicações se mostra relevante para o estudo que se propõe. O Apêndice 03 traz o extrato da amostra

---

<sup>5</sup> Afiliado das universidades chinesas: Politécnica de Hong Kong e Shenzhen - China



Figura 11: Segmentação da amostra filtrada.



Fonte: Adaptado da base de dados SCOPUS (2019).

## 7.2. Revisão da Literatura

Esta seção se propõe a apresentar a literatura selecionada baseada na bibliometria, estabelecer o estado da arte sobre o tema e dar embasamento teórico aos próximos tópicos com destaque à metodologia, a revisão da literatura seguirá em duas frentes distintas, de um lado, a elaboração de pesquisas e definições de respondentes, do outro, definições paramétricas de geração de RCD.

Esta seção se propõe a fazer um levantamento sobre a literatura selecionada baseada na bibliometria estabelecendo o estado da arte sobre o tema abordado além de um estudo da legislação brasileira vigente, para dar embasamento teórico aos assuntos:

- **Resíduos Sólidos:** Definições gerais e globais e uma breve apresentação da estatística global da geração de resíduos.

- **Resíduos da Construção Civil:** Definições específicas, estatísticas do setor e estudos sobre quantificação do RCD.
- **Agregado Reciclado:** Definições específicas, análise técnica e aplicações.
- **Legislação:** Princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações para o gerenciamento dos Resíduos Sólidos.

### 7.2.1. Resíduos Sólidos

Segundo a definição americana da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) a definição de resíduo sólido não se limita a resíduos fisicamente sólidos. Muitos resíduos sólidos são líquidos, semi-sólidos ou contêm materiais gasosos (USEPA, 2019)

O conceito apresentado na comunidade europeia para resíduos sólidos é qualquer substância ou objeto que o detentor descarte ou pretenda ou seja obrigado a descartar ressaltando quando as substâncias ou objetos forem resultantes de um processo de produção que não visava principalmente a produção de tais substâncias ou objetos, devem ser classificados como subprodutos e não resíduos (PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define resíduos sólidos na ABNT NBR 10004:2004 como:

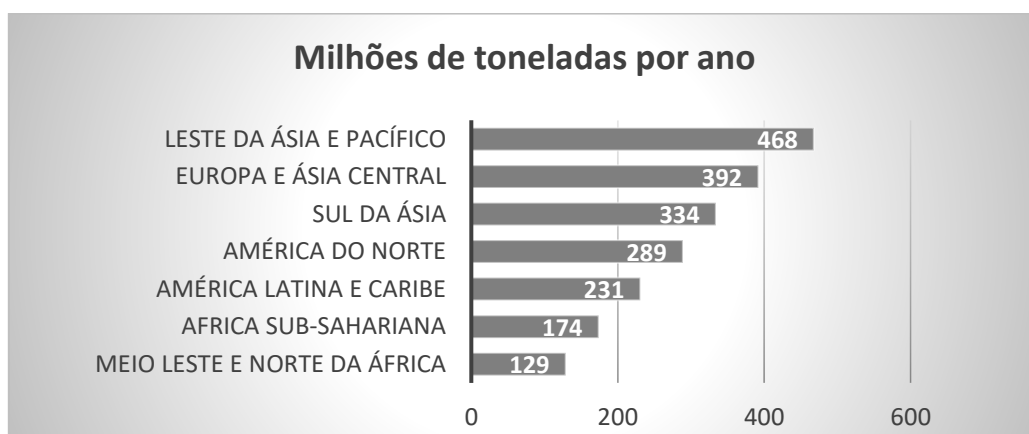
“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004. p. 71.).

Segundo os autores Ortiz *et al.* (2010) resíduo é qualquer material produzido por atividades humanas ou industriais que não apresentem mais valores residuais.

Resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com sua fonte geradora (doméstica, industrial, comercial, construção ou institucional); ao seu conteúdo (material orgânico, vidro, metal, plástico, papel, etc); ou ao seu risco potencial (tóxico, não tóxico, inflamável, radioativo, infeccioso, etc.) (BAHRAMI *et al.*, 2016).

Segundo dados do *International Bank for Reconstruction and Development* (2018), o mundo gerou em média 0,74 kg de resíduos per capita por dia, com variação<sup>6</sup> de 0,11 a 4,54 kg per capita por dia. Foram cerca de 2,01 bilhões de toneladas com perspectiva de aumento para 3,40 bilhões de toneladas em 2050. A Figura 12 mostra a quantidade de resíduos gerados por região, ao longo do mundo.

Figura 12: Quantidade de resíduos gerados por região em 2018



Fonte: Adaptado de (INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT, 2018)

<sup>6</sup> Variações relacionadas aos níveis de renda e taxas de urbanização.

No Brasil em 2010 a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a), institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotadas pela união isoladamente ou em parceria com Estados, Distrito Federal, municípios e particulares e visa a gestão integrada para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, observada a ordem de prioridade de: Não geração, redução, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada. A PNRS reafirmou o termo resíduos da construção civil, sendo aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

### **7.2.2. Resíduos da Construção Civil**

A construção por natureza não é ecológica, pois as diversas atividades envolvidas, como escavação, construção civil e obras civis, limpeza de locais, atividades de demolição, obras rodoviárias, reforma de edifícios, gera uma grande quantidade de resíduos da construção e demolição – RCD, (TAM; TAM, 2007).

Segundo as pesquisas dos aurores Lu e Yuan (2010) embora tenha contribuído significativamente para a economia de qualquer país, a indústria da construção tem um impacto negativo sobre a natureza meio ambiente. Estudos apresentados pelos autores Mália *et al.* (2013), demonstram que o setor consome mais matérias-primas e energia do que qualquer outra atividade econômica além de produzir a maioria dos resíduos mais comuns.

Os pesquisadores Kofoworola e Ghewala (2008) discorrem que os resíduos de construção e demolição são aqueles produzidos durante a construção, reforma e demolição de edifícios e estruturas e é frequentemente descartado em aterros e que são uma mistura de materiais excedentes decorrentes de novas construções, reformas e demolições de edifícios e outras estruturas como estradas e pontes.

Estudos dos autores Lu *et al.* (2011) de forma análoga, definem os resíduos da construção e demolição como sendo aqueles provenientes das atividades de construção, reforma e demolição, que segundo os autores Bernardo *et al.* (2016), consiste principalmente de diversos materiais não perigosos e não contaminados, mas que também podem conter materiais perigosos residuais que precisam ser separados e subsequentemente processados ou descartados, conforme legislação.

Resíduos da construção e demolição é um termo genérico que define os resíduos gerados pelas atividades econômicas que envolvem construção, manutenção, demolição e desconstrução de edifícios e obras civis. O termo “*site*” é, geralmente, o mais apropriado para definir uma instalação de produção onde o RCD é gerado. (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018).

Os estudos apresentados pelos autores He *et al.* (2018) mostram que o gerenciamento eficaz de resíduos que envolve a recuperação de materiais, reciclagem e descarte em aterros sanitários é fornecido principalmente pela indústria de serviços de gerenciamento de resíduos e depende de dados confiáveis dos fluxos de resíduos. Segundo estudos dos pesquisadores Wu *et al.* (2019), do ponto de vista da gestão, a acuracidade de informações da geração de resíduos é essencial para implementação de um efetivo gerenciamento dos resíduos da construção, no entanto, a maioria das cidades brasileiras ainda não possui coleta e descarte adequados de materiais gerados pela indústria da construção (PAZ; LAFAYETTE, 2016).

Segundo os autores Kleemann *et al.* (2016) os resíduos resultantes de atividades de construção e demolição contribui muito para a geração dos resíduos na maioria das sociedades industrializadas. e conforme pesquisas dos autores Shen *et al.* (2004) estão na forma de detritos de construção, entulho, terra, concreto, aço, madeira e materiais mistos para limpeza de locais, decorrentes de várias atividades de construção, incluindo escavação ou formação de terrenos, construção civil e predial, limpeza de locais, atividades de demolição, obras rodoviárias e reforma de edifícios, desta forma, os resíduos da construção e demolição podem ser definidos como uma mistura de materiais inertes e não inertes decorrentes de

várias atividades de construção, como escavação, demolição, construção, reforma e obras rodoviárias (POON *et al.*, 2013).

Estudos apresentados pelos autores Umar *et al.* (2018) indicam que a sociedade atual está preocupada com os efeitos negativos dos resíduos de construção que podem estar contaminados no processo de produção ou montagem tendo a sua reciclagem prejudicada.

De acordo com os autores Townsend *et al.* (2018) os resíduos da construção e demolição representam um dos maiores fluxos de resíduos sólidos gerados pelas atividades municipais e comerciais da sociedade moderna. Os estudos apresentados pelos autores Rema *et al.* (2018), mostram que a rápida urbanização aumentou as atividades de construção que geram enormes quantidades de resíduos, tanto na fase de construção quanto na de demolição.

No processo gradual de transformação em direção à gestão sustentável dos resíduos, a participação da iniciativa privada é cada vez mais necessária, pois os resíduos gerados são desperdiçados devido à falta de orientações mais apropriadas para o processo de reciclagem (MELO *et al.*, 2011).

Segundo os autores Bakchan *et al.* (2019) a demanda pelas atividades da construção civil nas últimas duas décadas resultou em um aumento na quantidades de RCD gerado de aproximadamente 548 milhões toneladas em 2015 nos Estados Unidos da América, dados que reforçam a afirmação dos autores Lu, *et al.* (2015) sobre a importância de tomar medidas para mitigar a geração de resíduos da indústria da construção. Os autores Cheng e Ma (2013) comungam com este aumento e em muitas regiões desenvolvidas e apontem que a quantidade de obras de demolição e reformas e a quantidade de resíduos gerados estão crescendo rapidamente.

Nos estudos dos autores Gálvez-Martos *et al.* (2018), a maioria dos resíduos da construção e demolição consiste em materiais escavados, que são considerados de baixo impacto ambiental ao serem descartados e que a composição média de resíduos mostra que até 85% são concreto, cerâmica e alvenaria.

Os autores Kleeman *et al.* (2016) comentaram que a maior parte do material do RCD de um estudo realizado em Viena, mostra que (96%) do material é de origem mineral, representada principalmente por concreto com 44%, tijolos, 28% e argamassa, 13%; materiais orgânicos e metais constituem uma parcela muito pequena apenas 4% do total da composição de materiais.

Os pesquisadores Guerra *et al.* (2019) destacam o crescente aumento de resíduos de construção e demolição que estão sendo descartados em aterros sanitários e a necessidade de adotar práticas de gerenciamento do RCD mais inovadoras. Segundo os autores Yu *et al.* (2012) verificou-se que o despejo ilegal de resíduos aumentou substancialmente.

Segundo os autores Jin *et al.* (2018) os tratamentos sustentáveis dos resíduos de construção e demolição tornaram-se uma questão social, ambiental e econômica cada vez mais urgente em todo o mundo, pois pesquisas de Tam e Hao (2014) apontam que as atividades de construção geralmente têm efeitos negativos sobre o meio ambiente, que incluem a exploração de terras naturais e outros recursos para desenvolvimento e geração de resíduos e várias formas de poluição.

Os pesquisadores Li *et al.* (2013) comungam que os estudos sobre resíduos da construção e demolição civil abordam as questões de eficiência dos custos e dos efeitos negativos sobre o meio ambiente, o que justifica o desenvolvimento deste trabalho de mestrado.

Estudos apresentados pelos autores de Magalhães *et al.* (2017), indicam que alguns materiais são os maiores geradores de resíduos do que outros por natureza, especialmente em seu volume de geração de resíduos da construção por metro quadrado construído ( $\text{m}^3$  de resíduos /  $\text{m}^2$  construídos), como concreto, argamassas, tijolos, aço e cerâmica, ladrilhos além dos trabalhos relativos à terraplenagem, escavações e limpeza inicial da terra como fonte de resíduos.

Para o estudo do RCD, primeiramente é importante definir o significado do termo, que segundo os artigos 2º e 3º da Resolução 307/02 de 05 de julho de 2002 do (CONAMA, 2002), são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil e detalha os principais materiais

encontrados nas atividades da construção e demolição e classificando-os conforme apresentado na Tabela 04.

Tabela 04: Classificação dos resíduos da construção civil.

| Classes | Composição                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I - A   | Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados                                                                                                                                                                                                                                           |
|         | a) Resíduos da construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.                                                                                                                                   |
|         | b) Componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;                                                                                                                                                                                         |
|         | c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras                                                                                                                                                |
| II - B  | Resíduos recicláveis para outras destinações                                                                                                                                                                                                                                                   |
|         | Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.                                                                                                                                                                                                                                   |
| III - C | Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação                                                                                                                                                      |
|         | produtos oriundos do gesso                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| IV - D  | Resíduos perigosos oriundos do processo de construção                                                                                                                                                                                                                                          |
|         | Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde |

Fonte: Resolução 307/02 – CONAMA (2002).

Segundo os autores Duan *et al.* (2018) grandes cidades como Shenzhen, no Sul da China em 2015, Chennai na Índia em 2016 além do Sri Lanka em 2017 foram seriamente afetadas por eventos decorrentes de descartes indiscriminados do RCD custando dezenas de vidas e causando grandes prejuízos a administração pública, portanto, é importante motivar as partes interessadas na construção a promover e implementar um gerenciamento eficaz do RCD (WU *et al.*, 2016).

Pesquisas dos autores Esa *et al.* (2017) mostram que os regulamentos relacionados ao RCD devem ser aprimorados, enfatizando os impactos ambientais do gerenciamento inadequado de resíduos, Isso motiva a necessidade de uma otimização integrada de toda a rede de RCD, vista como uma cadeia de suprimentos em circuito fechado que inclui fluxos reversos para recuperação, reutilização e reciclagem de materiais (BERNARDO *et al.*, 2016)



Segundo os autores Gálvez-Martos *et al.* (2018) a elaboração de planos ou estratégias de gerenciamento do RCD é comum na Europa, no entanto, a qualidade da implementação e os consequentes resultados divergem consideravelmente, os autores afirmam ainda que em geral, para serem eficazes, os planos de gerenciamento de RCD devem ser acompanhados de práticas de regulamentação.

Estudos dos pesquisadores Akhtar e Sarmah (2018) mostram que a produção do RCD excede 3 bilhões de toneladas em todo mundo, que se gerenciado adequadamente, pode economizar uma enorme quantidade de energia e ajuda a melhorar a economia, neste cenário os estudos apontaram os maiores colaboradores sendo a China, Índia e os EUA com produção superior a 2 bilhões de toneladas.

O rápido crescimento das cidades de médio e grande porte, juntamente com construção, reforma e demolição de edifícios e infraestruturas, resultou em maiores taxas de geração de resíduos da construção e demolição (PENTEADO; ROSADO, 2016).

Segundo pesquisas do autores Wu *et al.* (2014) o método de quantificação pode ser sumarizado em 6 grandes categorias: Visita ao site, taxa de geração de resíduos, análise de ciclo de vida, sistema de classificação de acumulação, modelagem de variáveis, e outros métodos particulares, estudos indicam ainda que a “*Generation rate calculation*” (GRC) também conhecido como “*Waste Generation Rate*” (WGR) é a metodologia mais popular para estimar a quantidade dos resíduos da construção civil podendo ser implementado para atividades de construção, reforma e demolição tanto no nível regional como em projetos. O princípio desta metodologia é obter a taxa de geração de resíduos para uma unidade de atividade particular como kg/m<sup>2</sup> e fornece informações quantitativas para a comparação de práticas de gestão de resíduos da construção civil.

Segundo estudo dos autores Bakshan *et al.* (2015) a estimativa da geração do RCD pelo método da área construída, fornece um índice global baseado

em dados de construções típicas, os resíduos gerados são classificados por tipo de material sendo útil para estimativa em projetos futuros.

Os autores Li *et al.* (2013) declaram que o índice de resíduos da construção é uma ferramenta significativa para promover a gestão do resíduo e pode ser aplicado para estimar a quantidade de geração de resíduos em um projeto que segundo os autores Wu *et al.* (2019) pode ser derivado de métodos de medição diretas ou indiretas. A medição indireta, segundo os autores Li *et al.* (2013) é a taxa média de geração de resíduos.

Segundo os autores Cochran *et al.* (2007), o total da geração regional de resíduos tanto residencial como não residencial pode ser estimada como o produto da área da atividade de construção e a geração de resíduos por unidade de área de construção, nos casos em que a área total de construção em m<sup>2</sup> não está diretamente disponível, ela pode ser estimada dividindo-se o valor da atividade de construção pelo custo médio por área de atividade de construção.

O pesquisador Pinto (1999), pode-se estimou a geração de RCD através: de Dados das construções levando em conta a estimativa de superfície em m<sup>2</sup> de novas construções completas e o respectivo indicador de resíduos em kg/m<sup>2</sup>; da movimentação de resíduos coletados e transportados pelas empresas que se dedicam a esta atividade e da disposição dos resíduos em locais ilegais.

Em seu estudo, aplicado a 6 municípios brasileiros de médio porte<sup>7</sup>, a geração do RCD foi quantificada a partir da massa estimada para as edificações executadas predominantemente por processos convencionais, a perda média de materiais nos processos construtivos em relação a massa de materiais levados ao canteiro de obra e o percentual da perda de materiais removido como entulho durante a obra.

Os pesquisadores Neto e Schalch (2010) quantificaram a geração do RCD por áreas licenciadas em um município de médio porte do estado de São Paulo, a partir de um estudo de caso contendo 5 obras típicas de construção e reforma em diferentes estágios e tamanhos, considerando o número de caçambas

---

<sup>7</sup> Municípios com população entre 100 mil e 500 mil habitantes (IBGE, 2016)

utilizadas, a massa unitária característica da região em ton/m<sup>3</sup> a soma das áreas licenciadas em m<sup>2</sup>, conforme a equação 1.

$$Taxa\ de\ geração = \frac{\sum caçambas \times 5m^3 \times massa\ unitária\ característica^9}{\sum área\ licenciada} \quad \text{Equação 1}$$

Muitos autores têm procurado parametrizar a geração do RCD em função da massa de resíduos produzidas pela área licenciada de construção ou demolição, no entanto, segundo os autores Lu *et al.* (2011) comparar as taxas de geração de resíduos de diferentes economias é desafiador devido às diferenças nas práticas e procedimentos de construção e à tendência de variar amplamente com base na escopo em que a taxa estimada é válida, desta forma a Tabela 05 mostra as divergências citadas pelos autores.

Tabela 05: Estudos de WGR

| Referências                      | Local         | WGR Kg/m <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------------|-----------------------|
| (BAKSHAN, <i>et al.</i> , 2015)  | Líbano        | 38 - 42               |
| (BERGSDAL, <i>et al.</i> , 2008) | Noruega       | 29 - 32               |
| (COCHRAN, <i>et al.</i> , 2007)  | EUA           | 44 - 47               |
| (KOFOWOROLA; GHEEWALA, 2008)     | Tailândia     | 19 - 21               |
| (LU, <i>et al.</i> , 2011)       | Sul da China  | 41                    |
| (LAGE, <i>et al.</i> , 2009)     | Espanha       | 80                    |
| (SEO; HWANG, 2011)               | Coreia do Sul | 48                    |
| (MÁLIA, <i>et al.</i> , 2013)    | Internacional | 44 - 135              |
| (MELO, <i>et al.</i> , 2011)     | Lisboa        | 158                   |
| (LLATAS, 2011)                   | Espanha       | 120                   |
| (PINTO, 1999)                    | Brasil        | 150                   |
| (NETO; SCHALCH, 2010)            | Brasil        | 137,02                |

Fonte: Adaptado de (BAKCHAN; FAUST, 2019).

Segundo os autores Melo *et al.* (2011) para a adoção de um parâmetro típico para geração do RCD em kg/m<sup>2</sup> é necessário obter referências teóricas baseadas em estudos pelo tipo de atividade de construção, levando em conta os aspectos construtivos e o escopo das construções, neste trabalho optou-se por

<sup>8</sup> Volume típico das caçambas utilizadas para remoção dos resíduos da construção civil

<sup>9</sup> Massa unitária obtida da caracterização física dos RCD do município

seguir as recomendações contidas nos estudos de Melo *et al.* (2011); Llatas (2011); Pinto (1999) e Neto e Schalch (2010).

### **7.2.3. Agregado Reciclado**

Globalmente aproximadamente 25 bilhões de toneladas de concreto são produzidas anualmente pela indústria da construção que são responsáveis pelo lançamento entre 1,25 e 3,25 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> que impactam negativamente, com o efeito estufa (OBLA *et al.*, 2009 e SIDDIQUE *et al.*, 2018).

A geração expressiva de RCD motivou pesquisas referentes a reutilização e reciclagem destes materiais para diversos fins (MEDEIROS-JUNIOR *et al.*, 2017; MARINKOVIC *et al.*, 2010; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018) indicam que é possível reinserir resíduos da construção e demolição no ciclo produtivo através da transformação de materiais ou reuso. Aplicações práticas de pavimentação, materiais para construção de aterros, e insumos para melhoria da durabilidade do concreto são exemplos citados por diversos autores (ARULRAJAH *et al.*, 2014; VRIJDEERS *et al.*, 2014; OSSA *et al.*, 2016).

A transformação do RCD em materiais de qualidade para a construção, são bem-vindas do ponto de vista da sustentabilidade ambiental. Na Europa, a Diretiva 2008/98 da União Europeia sobre Resíduos, Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, (2008), declara que reduzir os impactos negativos da geração de resíduos deve ser o objetivo principal de uma política de gestão de resíduos e menciona que até 2020, a preparação para a reutilização, reciclagem e recuperação de outros materiais deve ser aumentada mínimo de 70% (em peso), no entanto, segundo os autores Gálvez-Martos *et al.* (2018), o processo para obtenção dos agregados reciclados apresenta ainda, desvantagens econômicas que aumentam o custo final do concreto.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define agregado reciclado na ABNT NBR 9935:2011 como um tipo de material granular que é obtido através de processos de reciclagem de rejeitos ou subprodutos das obras civis de construção ou demolição, incluindo agregados recuperados de concreto fresco (ABNT, 2011).

Já a, a norma técnica NBR 15115:2004, estabelece os procedimentos para execução de camadas de pavimentação utilizando agregados reciclados de resíduos da construção e define as características dos agregados na execução de reforço de subleito, sub-base, base e revestimento primário, enquanto a NBR 15116:2004, estabelece os requisitos para utilização em pavimentos e preparo de concreto, sem a função estrutural com agregados reciclados de resíduos da construção, definindo condições de produção, requisitos para uso em pavimentação e em concreto e o controle da qualidade do agregado reciclado.

Segundo os autores John e Agopyan (2000), a reciclagem tradicional do RCD compreende etapas de classificação dos resíduos, separação dos indesejáveis, britagem por equipamento de martelo e peneiramento. As tecnologias de separação manual e magnética já são aplicadas no Brasil, porém existem tecnologias baseadas na diferença de densidade que permitem a separação dos agregados cerâmicos em frações dos materiais (rocha e concreto).

Segundo os autores Gálvez-Martos *et al.*, (2018) as melhores práticas do tratamento dado ao RCD operacionalizam essencialmente os princípios da economia circular dentro do setor de construção e demolição, a maioria delas são orientadas para maximizar o reuso, facilitar a reciclagem, a recuperação de materiais e usos secundários destes, a partir de sistemas de garantia de qualidade para materiais derivados de resíduos. A Tabela 07, lista as melhores práticas para o tratamento e recuperação de RCD.

Tabela 06: Melhores práticas para o tratamento e recuperação de RCD

| Melhores práticas                                                                            | Descrição                                                                                                                                                                                                                           | Atores chaves                                                                         | impacto |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Garantia da qualidade                                                                        | Participar de acordos em todo o setor sobre a qualidade de produtos reciclados ou sistemas de garantia de qualidade, a fim de aumentar a captação de agregados reciclados, incentivar o desperdício segregação e desvio de aterros. | Autoridades públicas em nível nacional e regional organizações de gestão de resíduos. | alto    |
| Recuperação de placas de gesso                                                               | Reciclar resíduos de placas de gesso e outras fontes de resíduos de gesso fabricação de placas de gesso novo, de acordo com a disponibilidade, a um esquema de garantia de qualidade ou acordo industrial.                          | Fornecedores, “designers”, arquitetos, desenvolvedores e clientes                     | alto    |
| Classificação e processamento de resíduos abordando a aceitabilidade de agregados reciclados | Separar e processar fluxos de resíduos monofracionários a fim de maximizar a produção de agregados reciclados de alta qualidade.                                                                                                    | Administração pública, fornecedores, resíduos organizações de gestão                  | alto    |

Fonte: Adaptado de Gálvez-Martos *et al.* (2018).

Segundo os autores Zhang *et al.* (2020), misturas de agregados reciclados pré-tratados podem ser utilizadas em estruturas sob requisitos de durabilidade rigorosos e não rigorosos, mas afirma que, apesar da existência de um grande mercado para deste materiais, as aplicações efetivas nas construções são limitadas e escassas, apesar das tecnologias já desenvolvidas.

A reciclagem tem potencial para reduzir a quantidade de RCD descartados em aterros além de preservar os recursos naturais se forem utilizados agregados obtidos por reciclagem não apenas em aplicações de produtos de menor qualidade, mas também para estruturas aplicações concretas (MARINKOVIC *et al.* 2010).

Os pesquisadores Quattrone *et al.*, (2014) afirmam que o uso de agregados de concreto reciclado em aplicações que não sejam subcamadas de estradas é limitado por dois fatores: a alta porosidade em comparação com agregados naturais e as restrições estabelecidas em normas e códigos de construção.

Segundo estudos dos pesquisadores Medeiros-Junior *et al.* (2017) um dos possíveis destinos de resíduos de construção e demolição é seu uso na execução de estacas de compactação, a fim de melhorar a capacidade de suporte de solos moles. Estas estacas estão sendo aplicadas na região Nordeste do Brasil desde a década de 1970 onde o solo se apresenta de forma granular.

Conforme os pesquisadores Gálvez-Martos *et al.* (2018) o destino do agregado reciclado é a substituição de materiais virgens, porém, destaca que as principais taxas de substituição são alcançadas em aplicações de baixa qualidade, como materiais de base ou sub base para estradas e aterros,

Estudos dos autores Benarchid *et al.* (2018) demonstram que as rochas residuais podem substituir os agregados grosseiros naturais comuns e cargas minerais, e afirmar que existem tecnologias de reciclagem que visam uma forma mais econômica a reciclagem de resíduos de construção e demolição, como é o caso do Concreto para Cimento e Agregado (C2CA) que tem visão sistêmica para reciclar alto volume de fluxo de concreto em agregados de primeira qualidade cujo processo passa pela redução do nível de contaminantes, no entanto, segundo os autores Arulrajah *et al.* (2014), além da característica heterogênea do concreto reciclado que é a presença de diversos materiais que o compõe, a absorção de água é um ponto negativo para as aplicações dos agregados reciclados.

Segundo os autores Marinkovic *et al.* (2010), o uso de agregado reciclado fino no concreto para uso estrutural não é geralmente recomendado, além disso, a qualidade do concreto feito a partir de agregado reciclado grosso é limitado à baixa resistência estrutural e por fim, a sua aplicação em condições ambientais agressivas (risco de corrosão induzida por carbonatação e cloretos ou risco de congelamento e degelo e ataque químico) não é recomendado devido a seu desempenho de durabilidade incerta, conforme observado na Tabela 07 que faz um comparativo entre o concreto feito a partir de agregado reciclado e o produzido a partir de elementos naturais.

Tabela 07: Comparativo entre concreto reciclado e concreto natural

| Propriedade                                   | Concreto Reciclado x Natural |
|-----------------------------------------------|------------------------------|
| Força de compressão                           | -25%                         |
| Divisão e força de tração à flexão            | -10%                         |
| Elasticidade modular                          | -45%                         |
| Encolhimento de secagem                       | +50%                         |
| Deformação                                    | +50%                         |
| Absorção de água                              | +50%                         |
| Resistência de Congelamento e Descongelamento | Menor                        |
| Profundidade de carbonatação                  | Similar                      |
| Penetração de Cloro                           | Similar ou levemente maior   |

Fonte: Adaptado de Marinkovic *et al.* (2010).

Segundo os pesquisadores Hauer e Klein (2007), as propriedades mecânicas e de durabilidade relacionadas ao concreto de agregado reciclado impõem a limitações na utilização como concreto estrutural, sendo o reuso que o possível, mas a aplicabilidade é baixa devido as limitações de composição. No entanto, ainda que as generalizações dos benefícios da reciclagem do RCD sejam benéficas, deve-se observar suas limitações. Os autores Gálvez-Martos *et al.*, (2018) identificam algumas aplicações típicas para o agregado reciclado, conforme a Tabela 08.



Tabela 08: Aplicações para agregado e concreto de agregado reciclado

|                                                                                              | Aplicações                                                       | Observações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Especificações/ Restrições                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aplicações para concreto de agregado reciclado (usualmente com um mínimo de 90% de concreto) | Taludes, preenchimento e sub base de estradas                    | Pode haver restrições nas propriedades físicas devido ao teor de sulfato (causando expansão e fragilidade) e absorção de água.                                                                                                                                                                                                         | Requisitos específicos para agregados reciclados em termos de resistência.                                                                                                                                                                             |
|                                                                                              | Construções e outras obras civis para concreto estrutural        | Podem ser aplicados agregados reciclados grosseiros para concreto estrutural (concreto maciço ou armado) mas a demanda por água seria maior e pode causar maior consumo de cimento para a mesma resistência como com agregados naturais. Compressão a resistência pode ser reduzida (em função da qualidade) e a elasticidade é menor. | Recomendação de uma substituição máxima de 20% de agregados grosseiros naturais. Requisitos adicionais são especificados para agregados reciclados, a fim de manter as propriedades estruturais.                                                       |
|                                                                                              | Construções e outras obras civis para concretos não estruturais. | Não há.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Até 100% da aplicação, se cumpridas os requisitos técnicos e especificações ambientais                                                                                                                                                                 |
|                                                                                              | Construções e outras obras civis para argamassa                  | Partículas finas e pequenas podem ser usadas para produzir argamassa.                                                                                                                                                                                                                                                                  | A demanda de água é aumentada. Um máximo de 25% de argamassa reciclada é recomendada para manter as propriedades.                                                                                                                                      |
|                                                                                              | Construções e outras obras civis para Cimento                    | Partículas finas do triturador de areia de concreto têm propriedades para cimentar com areia natural.                                                                                                                                                                                                                                  | A mistura não permite o uso de uma taxa de substituição superior a 10%.                                                                                                                                                                                |
| Aplicações para agregado reciclado. (usualmente com um mínimo de 50% de concreto)            | Taludes, preenchimento e sub base de estradas                    | Aplicável se o conteúdo de gesso for baixo. a Principal aplicação do agregado reciclado é como material de aterro. Usualmente, não é adequado para pavimentos de estradas.                                                                                                                                                             | A limpeza (lavagem com água) é necessária e aumenta os custos.<br><br>Aplicam-se as mesmas especificações que para outros materiais.<br><br>A trabalhabilidade pode ser pior, pois a absorção de água é maior e mais lenta que para agregados natural. |
|                                                                                              | Construções e outras obras civis para concretos não estruturais. | Propriedades de consistência e resistência adequadas são alcançáveis para concreto “ <i>in situ</i> ” para estruturas não estruturais concreto.<br><br>Não utilizável para elementos de concreto pré-fabricado.                                                                                                                        | A baixa densidade desses agregados pode ser ideal para a produção de concreto leve. No entanto, durabilidade é menor do que para outros agregados.                                                                                                     |

Fonte: Adaptado de Gálvez-Martos *et al.* (2018).

Do ponto de vista do ciclo de vida, os autores Quattrone *et al.* (2014), comentam que há um desconhecimento sobre os impactos ambientais associados aos tratamentos dados ao RCD para aumentar a produção de agregado reciclado, como por exemplo, o consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>. Para os autores Marinkovic *et al.* (2010), o benefício do uso do agregado reciclado é sensível as distâncias transportadas e cita que o total dos impactos do concreto que usam agregado reciclado é maior se comparado àqueles que utilizam pedras naturais, para as mesmas distancias.

Segundo os autores Zangh *et al.* (2020), com base no estudo da avaliação do ciclo de vida, a utilização da reciclagem do RCD pode obter melhores benefícios ambientais e econômicos, se comparado à destinação deste materiais para o aterro, porém, tais benefícios provenientes da aplicação como agregados de construção, não devem ser generalizados sem considerar algumas suposições. quanto ao desempenho ambiental tais como:

- O local influencia a distância dos transportes enquanto a composição influencia a natureza dos materiais reciclados e determina a aplicação final;
- Durante a fase de uso não há padrão fixo para a lixiviação dos agregados reciclados;
- Ao equilibrar os benefícios da substituição agregada primária, o tipo de aplicação e a origem do agregado natural influencia fortemente o desempenho do ciclo de vida;
- A lavagem dos materiais, aplicada quando a fase da segregação do local é ruim, pode responder por mais de 99% do impacto negativo ambiental total.
- A produção e a trituração do concreto consomem mais energia do que na produção de agregados primários, mas este impacto ambiental pode ser compensado com a relação das distâncias de transporte entre agregados primários e reciclados.

Do ponto de vista da viabilidade das usinas de reciclagem, segundo os autores John e Agopyan (2000); Zhang *et al.* (2020), existem barreiras a serem vencidas para viabilidade do uso do agregado reciclado em larga escala, a experiência da reciclagem no Brasil mostra que as usinas de reciclagem de RCD são predominantemente operadas pelas prefeituras municipais, os agregados produzidos são empregados em obras de pavimentação e alguns componentes de concreto não estrutural. A Tabela 09 apresenta as principais barreiras a serem vencidas para aplicação do agregado reciclado em larga escala, sendo o principal problema vinculado a viabilidade das usinas de reciclagem, o preço do material reciclado em comparação ao material natural.

Tabela 09: Barreiras para aplicação do agregado reciclado

| Barreiras      | Plano de ação                             | Observações                                      |
|----------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Demanda        | Pavimentação urbana                       | Cliente único (Municipalidade)                   |
| Novos Produtos | Desenvolvimento de aplicações             | Preço competitivo em relação ao agregado natural |
| Qualidade      | Certificações; Selos ambientais           | Educação ambiental                               |
| Logística      | Encurtar distâncias em relação ao gerador | Licenciamento ambiental                          |
| Manejo         | Classificação no canteiro                 | Redução de custos da produção                    |

Fonte: Adaptado de John e Agopyan, (2000).

Segundo os autores Lockrey *et al.*, (2016), para incentivar um alto volume de utilização de agregados reciclados, a legislação local deve prever a colaboração com fabricantes locais que inclui a compra pelo estado de produtos reciclados dos fabricantes locais para construir grandes projetos públicos viabilidade econômica habitacionais, bem como obrigar os empreiteiros de projetos financiados pelo governo a comprar materiais reciclados destes fabricantes locais.

Estudos dos autores Gálvez-Martos *et al.* (2018), indicam que em geral, para serem eficazes, os planos de gerenciamento de RCD devem ser acompanhados de práticas de fiscalização e aplicação, ou fatores econômicos, como impostos, no entanto, o impacto destes planos não é facilmente quantificável devido ao quadro econômico em evolução que introduz dificuldades na

quantificação dos negócios e a alocação dos benefícios ambientais entre todo o conjunto estratégia ou a uma única técnica ou prática de gerenciamento (por exemplo, o estabelecimento de uma taxa ou o investimento em usinas de reciclagem). A Tabela 10 traz os principais elementos de um plano estratégico de boas práticas em diferentes escalas.

Tabela 10: Barreiras para aplicação do agregado reciclado

| Plano nacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Pano Regional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Plano local                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica e quantifica oportunidades de gerenciamento de RCD</li> <li>• Envolve as partes interessadas da indústria de construção</li> <li>• Define metas de gerenciamento de RCD e políticas ambientais</li> <li>• Prioriza a prevenção de resíduos</li> <li>• Fornece uma estrutura reguladora realista para a indústria, incluindo códigos de prática.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementa políticas nacionais</li> <li>• Quantifica as necessidades de coleta, tratamento e demandas de material reciclado</li> <li>• Estabelece planos de investimento para instalações de tratamento, necessidades de pesquisa e desenvolvimento</li> <li>• Fornece ou ajuda no desenvolvimento de ferramentas para a indústria para a reciclagem segura de materiais (por exemplo, sistemas de garantia de qualidade)</li> <li>• Define uma linha de base de desempenho em valores quantificáveis passados em formação</li> <li>• Identifica fluxos futuros de resíduos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolve indústria local e empreiteiros</li> <li>• Prioriza a prevenção de resíduos em projetos locais de construção e o estabelecimento de políticas de compras públicas ecológicas</li> <li>• Estabelece esquemas de reutilização de edifícios</li> <li>• Estabelece requisitos mínimos de classificação de resíduos</li> <li>• Visa orientar claramente os pequenos produtores de resíduos</li> <li>• Estabelece aplicações, mecanismos de comunicação, economia de instrumentos e pontos de coleta municipais para evitar má classificação, baixas taxas de coleta e despejo ilegal.</li> </ul> |

Fonte: Adaptado de Gálvez-Martos *et al.* (2018).

De forma resumida, a Tabela 10 indica que para a aplicação do agregado reciclado, deve-se envolver o plano nacional com políticas públicas que priorizem metas e programas de redução de resíduos que serão desdobrados no plano

regional estabelecendo o planejamento de investimentos com base nos fluxos futuros de resíduos e que por fim, darão o direcionamento para a prevenção da geração de resíduos e comercialização de materiais reciclados, às prefeituras, às indústrias locais e aos empreiteiros.

#### **7.2.4. Legislação – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)**

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente instituída em 1981 pela Lei 6.938/81 (BRASIL, 1981) com vistas entre outras coisas, ao desenvolvimento econômico-social, a qualidade do meio ambiente e a preservação e restauração dos recursos ambientais, estrutura o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com a finalidade de assessorar, estudar e propor as diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente.

Em 1998 a Lei 9.605/98 (BRASIL, 1998) já instituía sanções penais para os casos lançamento de resíduos sólidos em desacordo com as exigências legais estabelecidas.

O CONAMA institui a Resolução 307/02 (CONAMA, 2002) deliberando diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil considerando:

- a política urbana de desenvolvimento da função social da cidade;
- a necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção civil.
- a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados;
- o percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas,
- a responsabilidade dos geradores dos resíduos da construção civil.
- a viabilidade técnico-econômica do reuso e reciclagem de materiais

- os benefícios de ordem social promovidos pela gestão integradas de resíduos da construção civil

As diretrizes nacionais para o saneamento básico veio com a Lei 11.445/07 (BRASIL, 2007), que define os princípios de prestação de serviços incluindo o manejo dos resíduos sólidos adequado à saúde pública e a proteção do meio ambiente, e declara manejo dos resíduos sólidos, como o conjunto de atividades infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final.

Em 2010 a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a), institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotadas pela união isoladamente ou em parceria com Estados, Distrito Federal, municípios e particulares e visa a gestão integrada para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, observada a ordem de prioridade da: não geração, redução, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada,

O Decreto Federal nº 7.404/10 de 2010 (BRASIL, 2010b) regulamenta a Lei 12.305/10, cria o comitê interministerial da PNRS para apoio à estruturação e implementação da própria PNRS visando o cumprimento das determinações e das metas previstas e cria também, o comitê orientador com o objetivo de verificar a necessidade de revisão dos acordos setoriais, regulamentos e termos de compromisso para a implantação dos sistemas de logística reversa no âmbito federal.

A PNRS está ligada as premissas do movimento das construções reafirmando a obrigatoriedade de elaboração de planos de resíduos sólidos para todos os municípios e estabelece o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) que monitora o panorama da coleta de RCD, a partir do plano implantado nos municípios. A Tabela 11 apresenta um extrato dos índices do RCD no Brasil.

Tabela 11: RCD coletado e RCD per capita

| Região              | Geração de RCD em kg/hab.ano |        |        |        |
|---------------------|------------------------------|--------|--------|--------|
|                     | 2014                         | 2015   | 2016   | 2017   |
| <b>Brasil</b>       | 210,74                       | 251,26 | 155,15 | 315,02 |
| <b>Norte</b>        | 216,01                       | 238,20 | 62,32  | 45,79  |
| <b>Centro Oeste</b> | 772,93                       | 477,14 | 341,15 | 287,37 |
| <b>Nordeste</b>     | 226,26                       | 216,93 | 280,90 | 186,24 |
| <b>Sudeste</b>      | 125,87                       | 184,29 | 119,17 | 348,35 |
| <b>Sul</b>          | 228,59                       | 178,65 | 191,19 | 210,49 |

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2019).

É possível verificar na Tabela 11 que a geração é crescente em relação a coleta dos resíduos sólidos, com um acréscimo de quase 50% entre 2014 e 2017 considerando os dados declarados em todo o país, entre as regiões chama a atenção o sudeste que apresenta coleta de RCD per capita (população urbana) kg/(habitantes x ano) maior que a média nacional em 2017 sugerindo um acréscimo relevante na base de RCD coletado para este ano.

Com relação a base de dados do SINIR, a Tabela 12 apresenta a relação entre municípios e população em todo o país, sendo apenas 65,20% dos municípios declarantes, ou seja, aqueles que implantaram e mantem o Plano dos Resíduos Sólidos conforme preconiza a PNRS; destes municípios apenas as regiões sul e o sudeste apresentam índices acima de 99%, tendo a região sudeste a maior porcentagem de população dos municípios atendidos com 99,10% enquanto o sul, a maior porcentagem de população atendida por serviço de coleta com 99,40%.

Tabela 12: Relação entre municípios atendidos e população.

| <b>Região</b>       | <b>Municípios Declarantes</b> | <b>% municípios declarantes (1)</b> | <b>Pop. Total (municípios declarantes)</b> | <b>% de pop. dos municípios atendidos (2)</b> | <b>Pop atendida/ Serviço de coleta</b> | <b>Pop. Urbana (municípios declarantes)</b> | <b>% de pop. Atendida por serviço de coleta</b> |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Brasil</b>       | 3.632                         | 65,20                               | 164.969.385                                | 81,10                                         | 143.380.485                            | 145.442.551                                 | 98,60                                           |
| <b>Norte</b>        | 269                           | 59,80                               | 12.583.049                                 | 72,20                                         | 9.698.328                              | 10.066.233                                  | 96,30                                           |
| <b>Centro Oeste</b> | 282                           | 60,40                               | 12.360.502                                 | 63,80                                         | 11.140.815                             | 11.247.610                                  | 99,10                                           |
| <b>Nordeste</b>     | 868                           | 48,40                               | 37.130.935                                 | 66,50                                         | 28.600.673                             | 29.510.007                                  | 96,90                                           |
| <b>Sudeste</b>      | 1.273                         | 76,30                               | 77.092.104                                 | 90,10                                         | 71.860.686                             | 72.407.990                                  | 99,20                                           |
| <b>Sul</b>          | 957                           | 80,40                               | 25.959.186                                 | 89,30                                         | 22.231.818                             | 22.367.700                                  | 99,40                                           |

(1) Municípios declarantes / Total de municípios IBGE 2010

(2) Pop. total dos municípios atendidos / Pop. Total IBGE 2010

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2019)

Dados que corroboram com estatística do autor Pinto (2005), que cita os índices de 5 a 30% do RCD gerados no Brasil são de obras formais da construção civil, e assim, a maior parcela do RCD não seguem regulações, o que implica em ineficiências desde a separação de materiais na fonte geradora, passando pelo manuseio e transporte inadequado e por fim disposição final inadequado.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2019), somadas as quantidades de resíduos tanto urbano, (residencial urbano e os recolhidos pelos serviços públicos de limpeza como os da construção e demolição, ambos sob a gestão municipal, temos que as prefeituras brasileiras gerenciaram no ano de 2018 aproximadamente 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos, o RCD coletado responde por aproximadamente 56% com 122.012 toneladas por dia ou 44,5 milhões toneladas no ano, distribuídas conforme Tabela 13, onde é notória a representatividade da região sudeste em a relação as demais regiões no país.



Tabela 13: Coleta de RCD nas regiões do Brasil.

| Região       | RCD Coletado (Tonelas/dia) | Índice (kg/hab/dia) |
|--------------|----------------------------|---------------------|
| Sudeste      | 63.679                     | 0,726               |
| Nordeste     | 24.123                     | 0,425               |
| Sul          | 16.246                     | 0,546               |
| Centro-Oeste | 13.255                     | 0,824               |
| Norte        | 4.709                      | 0,259               |

Fonte: Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. ABRELPE (2019).

No Brasil, apesar da PNRS exigir que os municípios elaborem seus planos municipais de gestão integrada dos resíduos sólidos, segundo estudos da Paz e Lafayette (2016) bem como os dados do SINIR, dispostos na (Tabela 12) a maioria das cidades brasileiras ainda não possui coleta e descarte adequados de materiais gerados pela indústria da construção, para mitigar esta lacuna, o governo brasileiro, além do empenho financeiro, incentiva a participação de cooperativas, associações e iniciativa privada de catadores, transportadores e recicladores, desta forma, identificar os locais de descarte, mapear os processos desde a fonte geradora até a disposição final e quantificar a geração de resíduos são dados essenciais para o gerenciamento municipal eficiente e ambientalmente adequado dos resíduos da construção civil.

### 7.3. Elaboração da pesquisa

Segundo estudos dos pesquisadores Yu *et al.* (2019) entrevistas com pesquisa é uma metodologia reconhecida como uma fiel ferramenta para aquisição de dados para mensurar o “*Waste Generation Rate*” (WGR) e pode ser aplicada para coletar dados primários em locais como aterros, áreas de transbordo e departamentos técnicos da prefeitura municipal e prestadores de serviços (PENTEADO E ROSADO, 2016).

Conforme estudos dos pesquisadores Esa *et al.* (2017) as perguntas das pesquisas foram elaboradas de acordo com a revisão da literatura e selecionadas de acordo com os principais objetivos do estudo (GANGOLELLS *et al.*, 2014).

Analogamente aos estudos dos pesquisadores Mália *et al.* (2013) a análise das respostas possibilitou identificar os avanços e limitações dos vários documentos normativos relativos ao RCD.

Para a elaboração das pesquisas o referencial teórico foi classificado de acordo com as dimensões de capacidade, classificação geração e mapeamento de forma a alinhar as questões ao objetivo desta pesquisa. A Tabela 14, apresenta de forma sintética o referencial teórico considerando 3 referências da revisão da literatura para cada dimensão.

As pesquisas serão aplicadas de acordo com o fluxo de processos do RCD no município de Bauru/SP, sendo os respondentes elegíveis: a prefeitura os coletores e os receptadores do RCD. As questões foram adaptadas da revisão da literatura e estão alinhadas com os objetivos da pesquisa. Ao todo são 35 questões abertas divididas em 3 seções, a primeira com 15 questões aplicadas aos pontos de recebimento do RCD, (Tabela 15), a segunda com 9 questões aplicadas aos transportadores do RCD, (Tabela 16) e a terceira com 11 questões aplicadas na prefeitura (Tabela 17).

Tabela 14: Referencial Teórico.

| <b>Referencial Teórico</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Capacidade (CA)</b>     | <p>As prefeituras brasileiras gerenciaram no ano de 2018 aproximadamente 122 milhões de toneladas de resíduos sólidos, o RCD coletado responde por aproximadamente 56% com 122.012 toneladas por dia ou 44,5 milhões toneladas no ano (ABRELPE, 2019).</p> <p>Segundo estudos dos pesquisadores Wu, <i>et al.</i> (2019), do ponto de vista da gestão, a acuracidade de informações da geração de resíduos é essencial para implementação de um efetivo gerenciamento dos resíduos da construção.</p> <p>A maioria das cidades brasileiras ainda não possui coleta e descarte adequados rede de materiais gerados pela indústria da construção (PAZ; LAFAYETTE, 2016).</p>                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Classificação (CL)</b>  | <p>Classificação dos resíduos da construção civil (CONAMA, 2002)</p> <p>Segundo os autores Bernardo <i>et al.</i> (2016), consiste principalmente de diversos materiais não perigosos e não contaminados, mas que também podem conter materiais perigosos residuais que precisam ser separados e subsequentemente processados ou descartados, conforme legislação.</p> <p>Conforme pesquisas dos autores Shen <i>et al.</i> (2004) estão na forma de detritos de construção, entulho, terra, concreto, aço, madeira e materiais mistos para limpeza de locais, decorrentes de várias atividades de construção, incluindo escavação ou formação de terrenos, construção civil e predial, limpeza de locais, atividades de demolição, obras rodoviárias e reforma de edifícios.</p>                                                                                                                                |
| <b>Geração (GE)</b>        | <p>O método de quantificação pode ser sumarizado em 6 maiores categorias: Visita ao site, taxa de geração de resíduos, análise de ciclo de vida, sistema de classificação de acumulação, modelagem de variáveis e outros métodos particulares e indica que “<i>Generation rate calculation</i>” (GRC) (WU <i>et al.</i>, 2014).</p> <p>Pode ser derivado de métodos de medição diretos ou indiretos. (WU <i>et al.</i>, 2019).</p> <p>O total da geração regional de resíduos tanto residencial como não residencial pode ser estimada como o produto da área da atividade de construção e a geração de resíduos por unidade de área de construção, nos casos em que a área total de construção em m<sup>2</sup> não está diretamente disponível, ela pode ser estimada dividindo-se o valor da atividade de construção pelo custo médio por área de atividade de construção. (COCHRAN <i>et al.</i>, 2007).</p> |
| <b>Mapeamento (MA)</b>     | <p>A quantidade e a capacidade dos locais de tratamento de resíduos podem ser determinadas de acordo com a tendência regional de geração de resíduos. (WU <i>et al.</i>, 2014).</p> <p>Segundo os autores Duan <i>et al.</i> (2018) grandes cidades como Shenzhen, no Sul da China em 2015, Chennai na Índia em 2016 além do Sri Lanka em 2017 foram seriamente afetadas por eventos decorrentes de descartes indiscriminados do RCD.</p> <p>Os estudos apresentados pelos autores He <i>et al.</i> (2018) mostram que o gerenciamento eficaz de resíduos que envolve a recuperação de materiais, reciclagem e descarte em aterros sanitários.</p>                                                                                                                                                                                                                                                               |

Tabela 15: Pesquisa para aplicação em pontos de recebimento de RCD.

| ID | Questões                                                                                                                | Dimensões |    |    |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|
|    |                                                                                                                         | CA        | CL | GE | MA |
| 1  | Qual o tipo de área de recebimento (Ecoponto ou Grandes Volumes)?                                                       |           |    |    | x  |
| 2  | Qual o volume médio mensal de RCD recebido? Ao longo dos anos, quanto foi recebido?                                     | x         |    | x  |    |
| 3  | Qual a denominação e localização do local?                                                                              |           |    |    | x  |
| 4  | Quais são os principais materiais recebidos? Ao longo dos anos, quais materiais foram recebidos?                        |           | x  |    |    |
| 5  | Quais materiais são economicamente mais interessantes do ponto de vista da reciclagem?                                  |           | x  |    |    |
| 6  | Quais materiais são economicamente menos interessantes do ponto de vista da reciclagem?                                 |           | x  |    |    |
| 7  | Este ponto de recebimento está cadastrado na prefeitura? Qual o número de cadastro ou alvará?                           |           |    |    | x  |
| 8  | Qual a área total aproximada do local?                                                                                  | x         |    |    |    |
| 9  | Qual a capacidade total estimada do local?                                                                              | x         |    |    |    |
| 10 | Qual o total estimado em porcentagem já ocupado?                                                                        | x         |    | x  |    |
| 11 | Há quanto tempo o local tem recebido RCD?                                                                               | x         |    | x  | x  |
| 12 | Qual a quantidade média de caçambas recebidas por dia? Ao longo dos anos, quantas caçambas foram recebidas?             | x         |    | x  |    |
| 13 | Qual o horário de trabalho? Quantos dias na semana?                                                                     | x         |    |    |    |
| 14 | Existem locais apropriados para cada classe de resíduo?                                                                 |           | x  |    |    |
| 15 | Qual o volume médio anual recebido de resíduos sólidos urbanos (RSU)? Ao longo dos anos, quanto foi a geração recebida? | x         |    |    |    |
| 16 | Há problemas com a carga tributária sobre a comercialização dos agregados recicláveis?                                  |           |    | x  |    |
| 17 | Quais as opções de comercialização do RCD após triagem?                                                                 |           | x  | x  |    |
| 18 | Qual a quantidade em porcentagem de agregados recicláveis é efetivamente comercializada?                                | x         | x  | x  |    |

CA: Capacidade; CL: Classificação; GE: Geração; MA: Mapeamento

Tabela 16: Pesquisa para aplicação no transportadores de RCD.

| ID | Questões                                                                                       | Dimensões |    |    |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|
|    |                                                                                                | CA        | CL | GE | MA |
| 1  | Qual o volume médio mensal transportado de RCD? Ao longo dos anos, qual o volume transportado? | x         |    | x  |    |
| 2  | Qual o principal local de entrega do RCD transportado?                                         |           |    |    | x  |
| 3  | Qual a denominação e localização da empresa?                                                   |           |    |    | x  |
| 4  | Os locais de destino utilizados estão todos cadastrados na prefeitura?                         |           |    |    | x  |
| 5  | Como é definido o local de entrega e a rota?                                                   |           |    |    | x  |
| 6  | Qual o horário de trabalho? Quantos dias na semana?                                            | x         |    |    |    |
| 7  | Qual a quantidade total de caçambas disponíveis?                                               | x         |    |    |    |
| 8  | Quais são os tipos de caçambas ou dispositivos de coleta disponíveis (Volume em m3)?           | x         |    |    |    |
| 9  | A empresa está cadastrada na prefeitura? Qual o número do cadastro?                            |           |    |    | x  |
| 10 | Qual o valor do transporte de caçamba misturada?                                               |           | x  | x  |    |
| 11 | Qual o valor do transporte de caçamba contendo apenas resíduos Classe A?                       |           | x  | x  |    |

CA: Capacidade; CL: Classificação; GE: Geração; MA: Mapeamento

Tabela 17: Pesquisa para aplicação na prefeitura.

| ID | Questões                                                                                                                          | Dimensões |    |    |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|----|
|    |                                                                                                                                   | CA        | CL | GE | MA |
| 1  | Quais são os pontos de recebimento de RCD cadastrados na prefeitura?                                                              | x         |    |    | x  |
| 2  | Quais são os Transportadores registrados pela prefeitura?                                                                         | x         |    |    |    |
| 3  | Quantos alvarás de construção e demolição são emitidos mensalmente? Ao longo dos anos qual foi a quantidade de alvarás aprovados? |           |    | x  |    |
| 4  | Existe uma estimativa de volume de RCD aprovado com estes alvarás? Ao longo dos anos qual o volume de RCD estimado foi aprovado?  |           |    | x  |    |
| 5  | Qual a área mensal em m <sup>2</sup> foi aprovada com estes alvarás? Ao longo dos anos qual foi a área aprovada?                  |           |    | x  |    |
| 6  | Quantas usinas de reciclagem de RCD existem em Bauru? Informar as localizações.                                                   | x         |    |    | x  |
| 7  | Quais são as áreas de áreas de transbordo e triagem (ATT) cadastradas e em operação?                                              | x         |    |    | x  |
| 8  | Quais são os pontos irregulares de descarte do RCD?                                                                               |           |    |    | x  |
| 9  | O CTR eletrônico em monitoramento das caçambas poderia reduzir o descarte clandestinos?                                           |           |    |    | x  |
| 10 | Quais são os aterros de materiais inertes em Bauru? Algum já foi encerrado? Informar as localizações.                             | x         | x  |    | x  |
| 11 | Qual a estimativa de geração do RCD em Bauru para os próximos anos? Informar estimativa plurianual.                               | x         |    | x  |    |
| 12 | Qual o índice de reciclagem do RCD em Bauru? Existe alguma meta? Ao longo dos anos qual foi o índice obtido com a reciclagem?     | x         |    | x  |    |

CA: Capacidade; CL: Classificação; GE: Geração; MA: Mapeamento

## Capítulo 3

### 8. Resultados e Discussões

Nesta seção, serão apresentados alguns dados socioeconômicos do estudo de caso, os dados disponíveis no acervo eletrônico da Prefeitura Municipal de Bauru e os resultados e discussões encontrados nas pesquisas com os entrevistados dispostas .

#### 8.1. Objeto de estudo

A pesquisa buscou identificar os agentes envolvidos (geradores, transportadores e receptores) ao longo do ciclo do RCD na cidade de Bauru/SP com o objetivo de mapear os processos e locais de seus descartes, estimando o sistema (geração transporte e reciclagem) com o acompanhamento das políticas públicas vigentes da gestão de resíduos sólidos, seguindo o protocolo de pesquisa dos autores Melo *et al.* (2011).

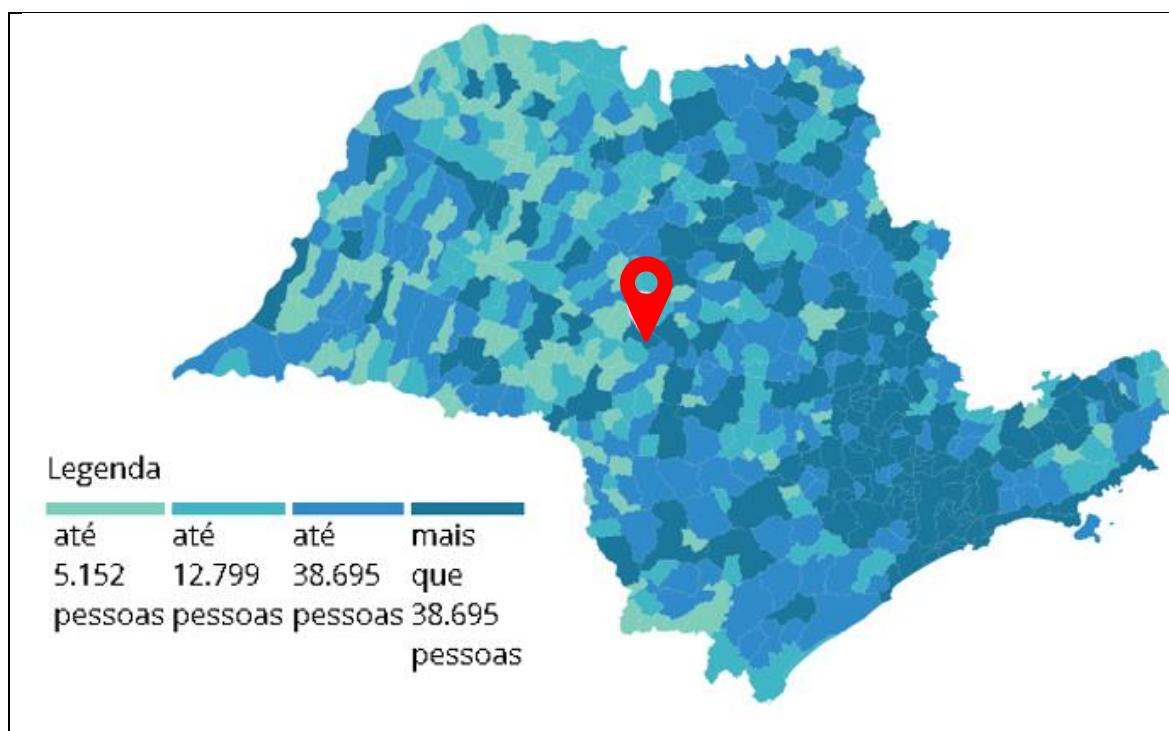
O município de Bauru é um município de médio porte<sup>10</sup> do sudeste brasileiro localizada no centro do estado de São Paulo, conforme Figura 13, com limites entre os municípios de Pederneiras, Arealva, Jacanga, Reginópolis, Avaí, Duartina, Piratininga e Agudos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE, 2016), o município possui uma população estimada em 2019 de 376.818 mil habitantes, sendo que o último censo acusou uma população de 343.937 mil habitantes, um crescimento de 8,8%, área de 667.684 km<sup>2</sup> e densidade

---

<sup>10</sup> Municípios com população entre 100 mil e 500 mil habitantes (IBGE, 2016).

demográfica de 515,12 hab/km<sup>2</sup> o que coloca ela entre os 20 municípios mais povoadas do estado.

Figura 13: Mapa de localização da cidade de Bauru/SP



Fonte: Censo 2010 – (IBGE, 2017)

De acordo com IBGE (2017) em seu último dado disponível da série histórica, a cidade apresentou um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 35.051,72, ocupando a posição 145 de 645 no estado de SP, sendo o maior município na micro região compreendida por 21 cidades, que somadas são menores que Bauru, em número de habitantes. Bauru está entre as 16 maiores cidade no estado de SP, em número de empresas atuantes, salários e outras remunerações, segundo o *Ranking* (2010) – (Todo o Brasil 2010) apresenta um Índice Humano de Desenvolvimento Municipal (IHDM) de 0,801 ocupando a 37º lugar, dentro da faixa mais alta neste “*ranking*”.

Referente ao Índice Trabalho e Rendimento medido pelo IBGE, o salário mensal era de 2,8 salários mínimos e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 36,7%. Comparado a outros municípios do estado, Bauru ocupava a posição 108 de 645 municípios e, se comparado com todo país ocupava a posição 282 de 5570 municípios, considerando domicílios com rendimentos

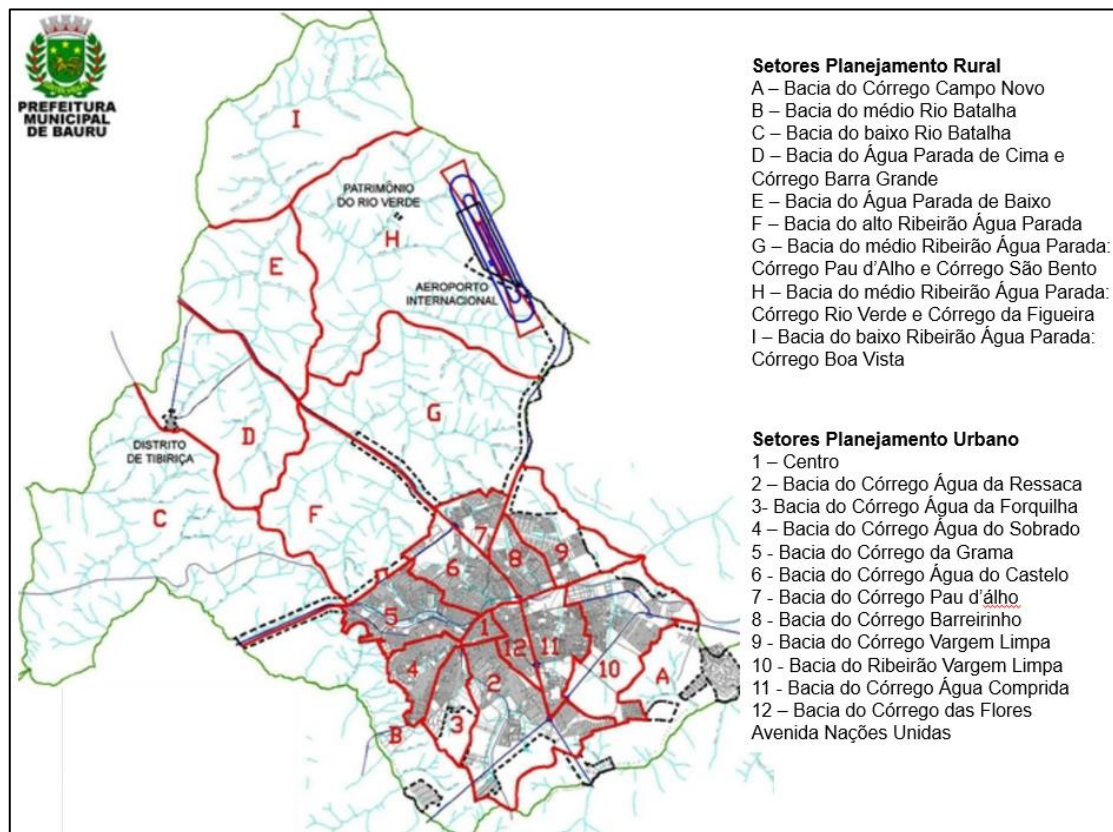
mensais de até meio salário mínimo por pessoa. Em 2017, 29,5% da população estavam nesta faixa salarial o que colocou o município na posição 447 de 645 entre os municípios do estado e na posição 4782 de 5570 entre os municípios do país, IBGE (2017). dados que sugerem uma influência não positiva na relação do munícipe com a gestão dos resíduos sólidos.

Com relação ao Índice Território e Ambiente, também medido pelo IBGE, IBGE (2017), Bauru apresentou 98,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 28% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, ou seja, com a presença de bueiro, calçadas, pavimentação e meio-fio. Comparado as outras cidades do estado, Bauru ocupa a posição 103 de 645 municípios do estado e se comparado ao país na posição de 1989 de 5570 municípios do país.

Atualmente está em andamento um estudo do novo plano diretor participativo que conta com uma equipe multifuncional, e segundo o cronograma da Prefeitura Municipal de Bauru, já está na fase da construção do “texto base”. A elaboração deste plano considera a divisão setorial do plano vigente elaborado entre 2005 e 2008 tanto para as áreas urbanas como rural. Para a zona urbana foram definidos setores de 1 a 12 tendo como limites as bacias hidrográficas do Rio Bauru, já a zona rural, foi dividida em 9 setores denominados por letras de A a I, a Figura 14, apresenta o plano diretor vigente elaborado em 2008.



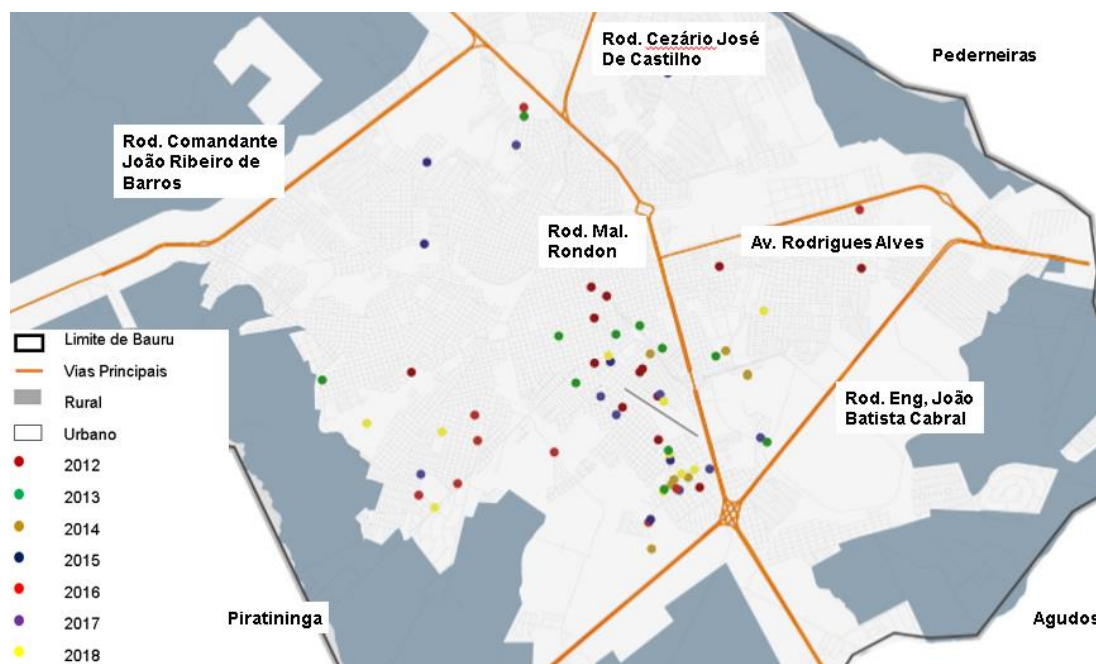
Figura 14: Plano diretor de 2008 do Município de Bauru.



Fonte: Adaptado do Plano Diretor Participativo (BAURU, 2008).

Já no mercado de construção civil, segundo dados locais do Sindicato da Habitação, SECOVI-SP (2019), que é uma entidade atuante neste setor desde 1946, e que representa mais 90 mil empresas com o compromisso no desenvolvimento do setor urbano bauruense diz que a cidade registrou um aumento na oferta de imóveis residenciais de 109% entre anos de 2017 e 2018 considerando apenas os lançamentos imobiliários que são os imóveis aprovados pela prefeitura, mas não necessariamente acabados. A Figura 15, apresenta a localização dos lançamentos residenciais entre os anos 2012 a 2018.

Figura 15: Lançamento de imóveis residenciais em Bauru/SP:

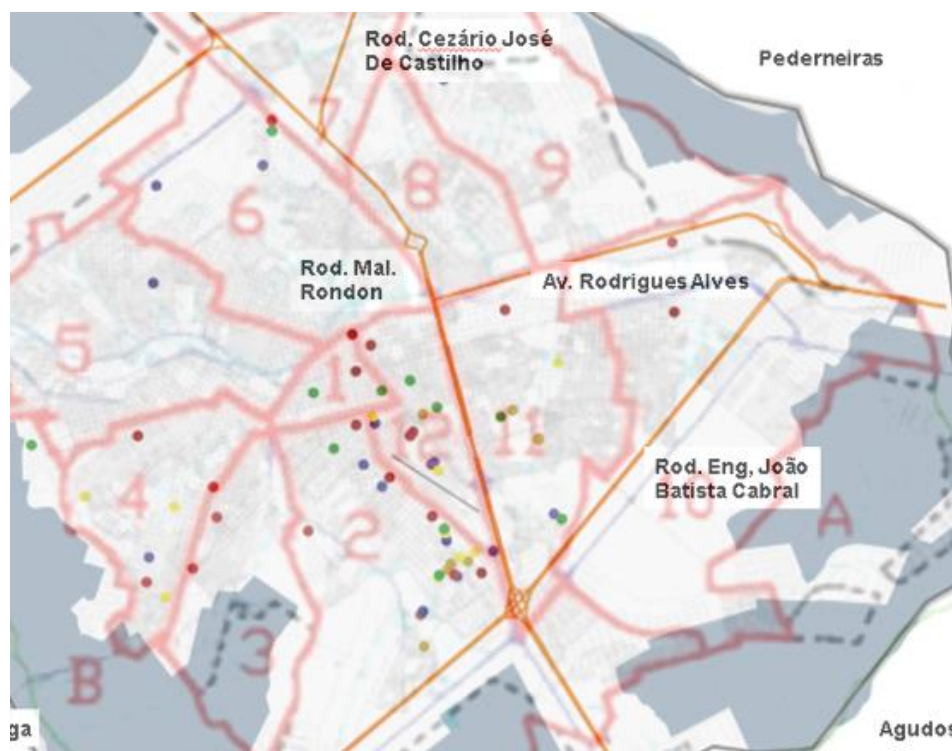


Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos dados da SECOVI – SP (2019).

É importante ressaltar que o rápido crescimento das cidades de médio e grande porte resulta em maiores taxas de geração de RCD, conforme estudos dos autores Penteado e Rosado (2016); Rema *et al.* (2018); Backchan *et al.* (2019); Cheng e Ma (2013).

Sobrepondo os lançamentos indicados pelo SECOVI -SP (Figura 15) no Plano diretor do município de Bauru, é possível notar uma concentração na parte mais centrais, ou seja, nos Setores de Planejamento Urbano (SPU) 01, 02, 11 e 12, conforme apresentado na Figura 16. O que é positivo do ponto de vista das distancias de transporte de carga para o uso de materiais reciclados conforme estudos dos autores Marinkovic *et al.* (2010); Quattrone *et al.* (2014) e Zangh *et al.* (2020).

Figura 16: Lançamento de imóveis residenciais em Bauru em relação aos Setores de Planejamento Urbano.



Fonte: Adaptado da SECOVI – SP (2019) e Plano Diretor Participativo (BAURU, 2008)

Dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) mostram que no período de 2015 a 2019 o setor da construção civil na microrregião de Bauru, admitiu 42.676 e desligou 43.277 postos de trabalhos, ou aproximadamente 12% da população do município; um indicativo positivo do quão relevante é a participação do setor na renda da população local, corroborando com as pesquisas dos autores Lu e Yuan (2010).

## 8.2. Legislação

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu na Resolução 307/02, diretrizes para que estados e municípios elaborem leis municipais dedicadas a gestão do RCD (CONAMA, 2002). A Prefeitura Municipal

de Bauru em 2009, sancionou e promulgou a Lei Orgânica 5.852/09 que disciplinou as ações necessárias e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção e demolição civil no município, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais promovido por este setor (BAURU, 2009).

O Decreto 11.689/11 (BAURU, 2011) decretado pela Prefeitura Municipal de Bauru regulamentou a Lei 5.852/09 que pormenorizou a disposições gerais da Lei e detalhou os procedimentos para gestão ambiental dos resíduos da construção civil no município de Bauru, dispondo sobre as obrigações e responsabilidades de acordo com a quantidade do RCD gerado, conforme apresentado na Tabela 18; destacando que além de sanções e penalidades que podem ser aplicadas não só aos geradores, como também aos transportadores e receptores por ação ou omissão a título de dolo ou culpa que viole as disposições estabelecidas neste decreto (BAURU, 2011). Estudos dos autores Gálvez-Martos *et al.* (2018) estabelecem que para serem eficazes os planos de gerenciamento de RCD devem ser acompanhados de práticas de regulamentação.

Tabela 18: Definições por classe de geração de RCD.

| Classificação          | Métrica                                                                                                                                                                                        |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Grande Gerador</b>  | Geradores responsáveis por atividades que produzam a partir de 15 m <sup>3</sup> , ou 20 toneladas de RCD em uma única obra                                                                    |
| <b>Médio Gerador</b>   | Geradores responsáveis por atividades que produzam entre 1 m <sup>3</sup> ou 1,5 toneladas e 15 m <sup>3</sup> ou 20 toneladas, de RCD em uma única obra, dentro de um período de até 120 dias |
| <b>Pequeno Gerador</b> | Geradores responsáveis por atividades que produzam até 1 m <sup>3</sup> ou 1,5 toneladas de RCD em uma única obra, dentro de um período de até 120 dias                                        |

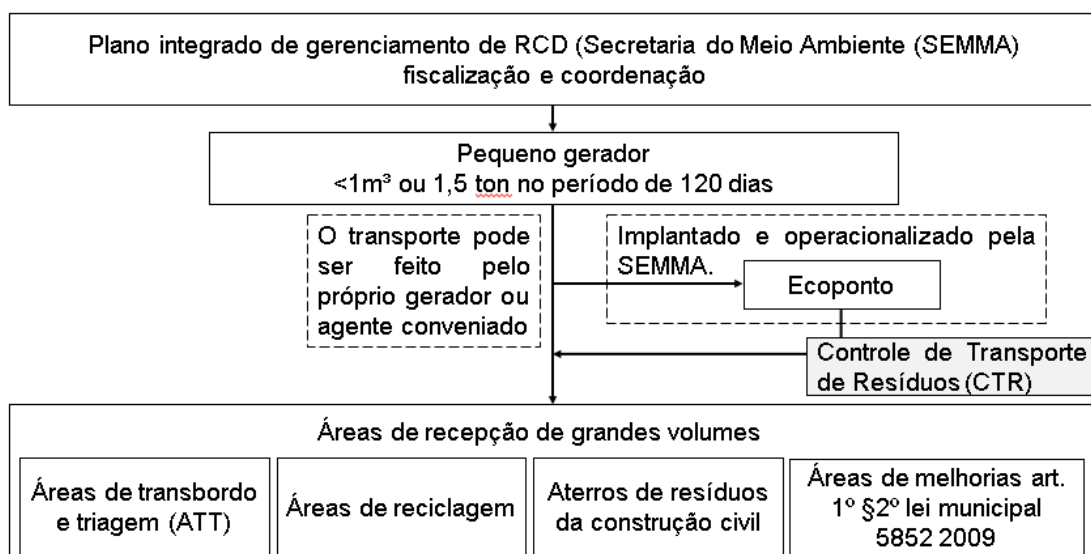
Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

O fluxo de transporte e destino do RCD, bem como os documentos necessários e seus respectivos níveis de aprovação para sua disposição adequada foram planejados de acordo com a Tabela 18, e desta forma, foram estabelecidos 3 macroprocessos aplicados ao pequeno gerador, ao médio gerador e ao grande gerador, desta forma, o município de Bauru comunga com os estudos sobre a

importância dos autores Wu *et al.* (2016); Bernardo *et al.* (2016); Esa *et al.* (2017), sobre a importância de implementar um gerenciamento para os resíduos sólidos.

A Figura 17 apresenta o gerenciamento do RCD do macroprocesso para o pequeno gerador, neste caso o RCD pode ser transportado diretamente pelo próprio gerador e destinado até algum Ecoponto, que são locais destinados ao recebimento de pequenos volumes, ou área de recepção de grandes volumes sem a necessidade do documento de Controle de Transporte de Resíduos (CTR). O transbordo para as áreas de grandes volumes é de responsabilidade da prefeitura municipal, cujo trabalho é operacionalizado pela Secretaria do Meio Ambiente - SEMMA.

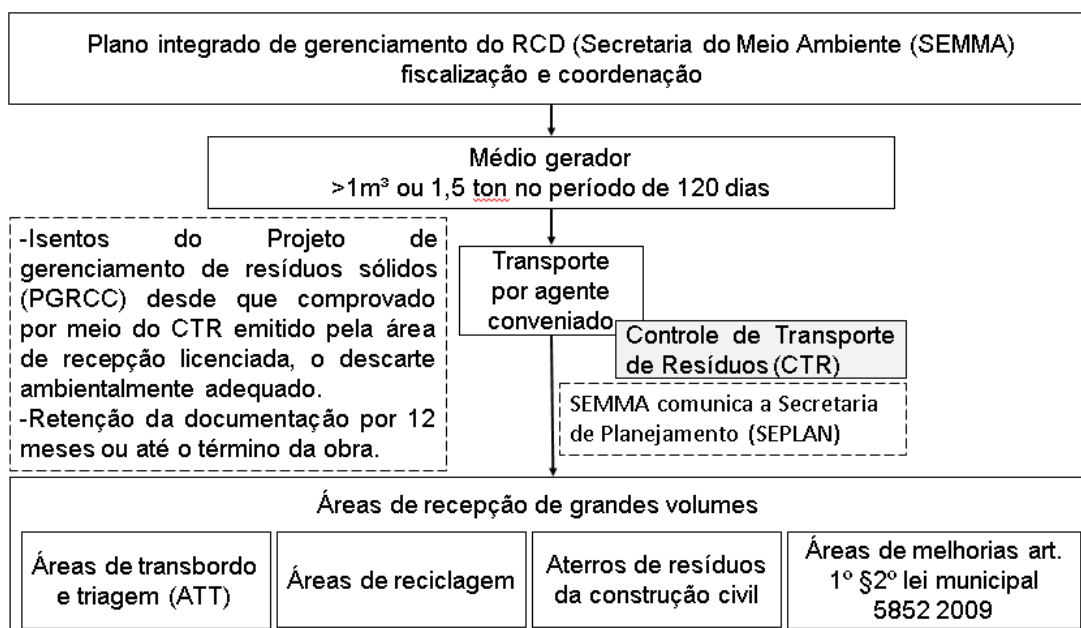
Figura 17: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Pequeno gerador



Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

No caso do médio gerador, Figura 18, o RCD deve ser encaminhado para as áreas de grande volume, transportado por um agente conveniado que irá emitir o CTR para acompanhamento da carga a ser descartada.

Figura 18: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Médio gerador



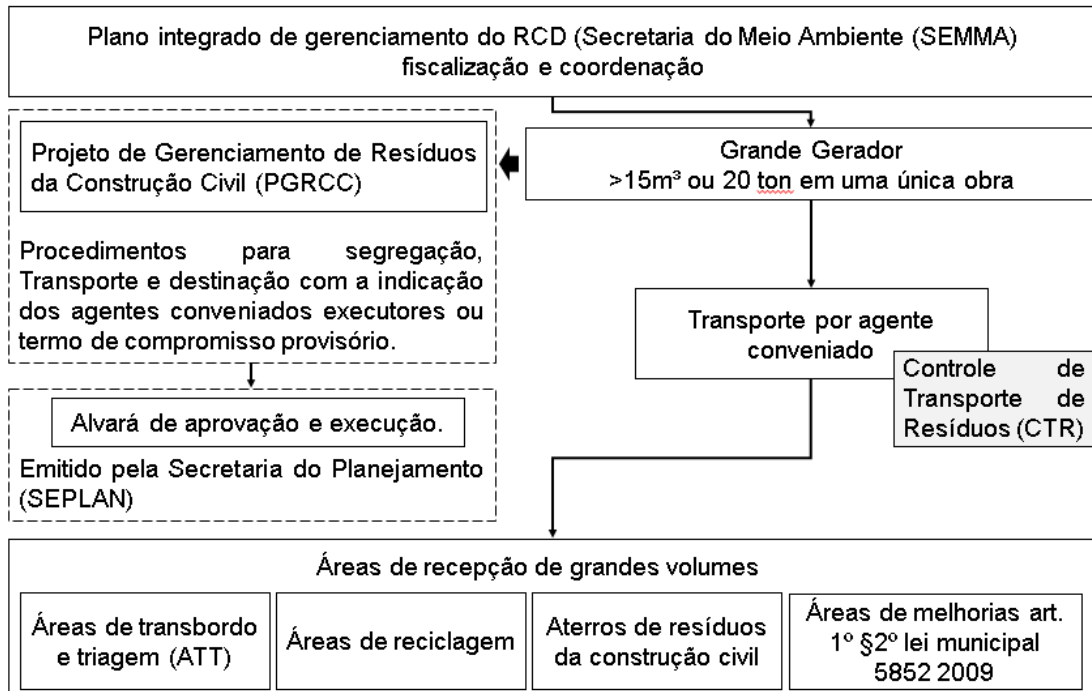
Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

Neste caso, o médio gerador está isento de emitir o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), disposto no Apêndice 02, desde que comprovar, por meio do CTR, o descarte ambientalmente correto. A comunicação da movimentação do RCD para a SEPLAN é de responsabilidade da SEMMA sendo que o gerador deve reter a cópia da documentação (CTR) por 12 meses ou até o término da obra. A destinação do RCD pode ser feita nas ATTs, nas áreas de reciclagem, no aterro de RCD e na área de melhoria.

Para o grande gerador, o PGRCC é obrigatório que deve conter a indicação do agente conveniado de transporte ou o termo de compromisso provisório, para assim, obter o alvará de aprovação e execução, que será ser emitido pela secretaria de planejamento da prefeitura (SEPLAN) conforme disposto na Figura 19.



Figura 19: Plano integrado de gerenciamento de RCD: Grande gerador



Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

O PGRCC emitido pelo grande gerador deve conter os procedimentos para segregação transporte e destinação para obtenção do alvará de execução emitido pela SEPLAN, e assim como no médio gerador, o RCD gerado deverá ser transportado por um agente conveniado que irá emitir o CTR para acompanhamento da carga a ser descartada nas áreas de grande volume, tais documentos visam a acuracidade de informações na geração de resíduos e são fundamentais para a implementação de um plano efetivo para o gerenciamento de resíduos conforme preconizado pelo autor Wu *et al.* (2019).

O município de Bauru contempla também em sua lei orgânica, o tratamento e aplicação dos resíduos da construção civil de natureza mineral, como classe A, e conforme a resolução do 307/02 (CONAMA, 2002) e o artigo 46 do Decreto 11689/11:

“Os Resíduos da Construção Civil de natureza mineral, designados como classe A pela Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2.002, devem ser prioritariamente reutilizados ou reciclados, salvo se inviáveis estas operações, situação em que devem ser conduzidos a Aterros de Resíduos da Construção Civil licenciados (Decreto 11689/11) p. 18.

“Nos casos de reutilização dos resíduos da Construção Civil de natureza mineral, designados como classe A pela Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2.002, estes devem prioritariamente ser destinados as áreas de melhoria, identificadas no art. 1º, parágrafo 2º, da Lei Municipal nº 5.852, de 23 de dezembro de 2.009” (Decreto 11689/11). p. 18.

Com relação a reutilização dos resíduos da construção civil e do uso de agregados reciclados em obras e serviços públicos, o artigo 48 do mesmo decreto 11689/11 (BAURU, 2011), define as aplicações para reutilização destes materiais ou dos produtos que os contenham, na execução de obras executadas pela administração pública direta ou indireta, conforme apresentado na Tabela 19, desde que observadas os termos condicionantes indicados na Tabela 20.

Tabela 19: Aplicações para reutilização dos materiais classe A e agregados reciclados ou produtos que os contenham

| <b>Materiais</b>                                 | <b>Aplicações</b>                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe A                                         | Melhorias de estradas rurais.                                                                                                                                                                                                |
|                                                  | Melhorias de erosões urbanas.                                                                                                                                                                                                |
|                                                  | Outros usos nobres do material.                                                                                                                                                                                              |
| Agregado Reciclado ou produtos que os contemplam | na execução de sistemas de drenagem urbana ou suas partes, em substituição aos agregados convencionais utilizados a granel em lastros, nivelamentos de fundos de vala, drenos ou massas.                                     |
|                                                  | na execução de obras sem função estrutural como muros, passeios, contrapisos, enchimentos, alvenarias etc.                                                                                                                   |
|                                                  | na preparação de concreto sem função estrutural para produção de artefatos como blocos de vedação, tijolos, meio-fio (guias), sarjetas, canaletas, briquetes, mourões, placas de muro etc.;                                  |
|                                                  | na execução de revestimento primário (cascalhamento) ou camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação em estacionamentos e vias públicas, em substituição aos agregados convencionais utilizados a granel; |
|                                                  | na execução de serviços internos de aterros sanitários, desde que apresentados na forma mencionada no caput.                                                                                                                 |

Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)



É importante ressaltar que as aplicações descritas na Tabela 20, convergem tecnicamente com os estudos dos autores Benarchid *et al.* (2018); Gálvez-Martos *et al.* (2018); Zhang *et al.* (2020), e fornecem uma forma eficiente de recuperação de material reduzindo os efeitos negativos do RCD ao meio ambiente.

Tabela 20: Termos condicionantes para aplicação dos materiais classe A e agregados reciclados ou produtos que os contenham.

| Condições            |                                                                                                                                                                                                     | Observações                                                                                                                    |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dispensas            | Obras de caráter emergencial ou contratadas com dispensa de licitação em períodos de calamidade.                                                                                                    | As dispensas devem ser atestadas pelo dirigente do órgão municipal executante ou contratante e pelo órgão ambiental municipal. |
|                      | Inexistência de oferta de agregados reciclados, por produtor instalado no município ou em raio de até 30 km do local da obra.                                                                       |                                                                                                                                |
| Requisitos técnicos  | A aquisição de materiais e a execução dos serviços com agregado reciclado devem ser feitas com obediência às normas técnicas aplicáveis.                                                            | Não há                                                                                                                         |
| Seleção de materiais | Privilegiar a produção em que haja participação de organizações associativas e sociais, com apoio a inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis | Não há                                                                                                                         |
| Condições comerciais | Existência de preços inferiores para os agregados reciclados, em relação aos agregados naturais, e sujeitas aos termos da legislação que rege os contratos e licitações públicas                    | Não há                                                                                                                         |

Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

Os termos condicionantes da Tabela 20, são necessários para direcionar a aplicação do material reciclado pela administração pública e envolve a sociedade e iniciativa privada pela ótica da produção local e sustentável, uma vez que, conforme os autores Townsend *et al.* (2018) as atividades de construção e demolição apresentam a maior parte dos resíduos municipais, e de acordo com os autores Quattrone *et al.* (2014) e Zangh *et al.* (2020) o local influencia a distância do transporte e a composição dos materiais reciclados.

Enfim, a escolha do município de Bauru como objeto de estudo para esta pesquisa, foi proporcional pois sua magnitude populacional e pela relevância da sua economia para o estado, sendo a maior cidade da sua macrorregião, composta por 21 municípios. Na cidade existe um grande crescimento da oferta do mercado

imobiliário local, impactando diretamente a geração do RCD, que apesar de contar desde 2011, com uma legislação própria para o gerenciamento do RCD alinhada às políticas públicas federais, os números da coleta dos resíduos sólidos, vem apresentando quantidades muito acima da média da região Sudeste a qual faz parte.

### 8.3. Plano Municipal para o Resíduos da Construção e Demolição

O levantamento inicial dos dados partiu da pesquisa no acervo eletrônico da Prefeitura Municipal de Bauru, (BAURU, 2019) está apresentada de forma resumida na Figura 20.

Figura 20: Acervo eletrônico da Secretaria de Meio Ambiente (SEMMA) da Prefeitura Municipal de Bauru

## Plano de Resíduos

O Plano de Resíduos é parte do **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)** e compreende a Variável de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos (VLUMRS): conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

Os documentos abaixo se referem ao diagnóstico da situação de Bauru:

- **ANEXO I - PLANTA 01-04 - SETORIZAÇÃO DA COLETA DOMICILIAR** - formato .pdf (40Mb)
- **ANEXO I - PLANTA 02-04 - SETORIZAÇÃO ATUAL DA COLETA SELETIVA** - formato .pdf (15Mb)
- **ANEXO I - PLANTA 03-04 - SETORIZAÇÃO DO SERVIÇO DE CAPINA E ROÇADA** - formato .pdf (5Mb)
- **ANEXO I - PLANTA 04-04 - LOCAIS DE DESCARTES CLANDESTINOS DE RCC** - formato .pdf (1Mb)
- **ANEXO II - Organograma detalhado final** - formato .pdf (227Kb)
- **ANEXO III - Relação de Pontos Fixos** - formato .pdf (6Kb)
- **ANEXO IV - Custo com mão de obra pública** - formato .pdf (7Kb)
- **ANEXO IX - Quadro Resumo OBJETIVOS metas projetos e ações** - formato .pdf (180Kb)
- **ANEXO V - Custo com equipamentos** - formato .pdf (13Kb)
- **Anexo VI - Análises dos sistemas de resíduos sólidos do município de Bauru** - formato .pdf (695Kb)
- **Anexo VII - Parecer Técnico do MPF sobre a Incineração de RSU** - formato .pdf (3Mb)
- **Anexo VIII - Detalhamento do PPA de Bauru** - formato .pdf (333Kb)
- **Anexo X - Organograma** - formato .pdf (175Kb)
- **Anexo XI** - formato .pdf (1Mb)
- **Anexo XII - CONSEMA Norma 01 2011 audiências públicas** - formato .pdf (194Kb)
- **Anexo XIII - ART** - formato .pdf (199Kb)
- **Anexo XIV - Case Cooperativas Assis** - formato .pdf (31Kb)
- **Anexo XV - Minuta embalagens em Geral** - formato .pdf (33Kb)
- **Anexo XVI - ATA da Audiência Bauru 30-10** - formato .pdf (60Kb)
- **PMSB Bauru Vs Final** - formato .pdf (11Mb)
- **Relatório Síntese do PMSB Bauru** - formato .pdf (1Mb)

Em caso de dúvidas, entre em contato: [pmsb@bauru.sp.gov.br](mailto:pmsb@bauru.sp.gov.br)

Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).

É possível identificar na Figura 20, a existência de documentos que compõem um Plano de Resíduos Municipal, alinhado com A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a) e convergente com a premissa de implementação de um plano de gerenciamento de resíduos, conforme os autores Wu *et al.* (2014).

A Prefeitura Municipal de Bauru, como todas do estado de São Paulo, está organizada em secretarias departamentos, divisões e seções. Para o tratamento do RCD, a Secretaria do Meio Ambiente (SEMMA) é a responsável pelo planejamento, ações e recursos ambientais, entre as suas responsabilidades destacam as atividades de fiscalização, monitoramento, avaliação e licenciamento ambiental além da gestão dos produtos recicláveis.

O gerenciamento do fluxo do RCD compreendido da geração até a destinação final, se dá por meio de dispositivos burocráticos, previstos no Decreto Municipal 11.689/11 (Bauru, 2011). São documentos que vão desde o controle de carga (CTR), que obrigatoriamente devem acompanhar a carga transportada (Figura 04), até a necessidade de um projeto de geração de resíduos da construção civil, obrigatório para geração maiores que 15m<sup>3</sup> ou 20 toneladas em única obra com aprovação da SEMMA que emite o alvará de construção.

Para o manejo e planejamento das ações municipais, considerando o alto potencial de impacto das atividades da construção civil, indicados nos estudos dos autores Tam e Hao (2014); Kleemann *et al.* (2016); Guerra *et al.* (2019), a SEMMA consolida os dados do RCD e informa a Secretaria do Planejamento (SEPLAN) que em conjunto, coordenam o Plano Diretor do município, deste modo, são disponibilizadas áreas para o recebimento de grandes volumes que utilizam o RCD de classe A para recomposição mecânica do solo, conforme os autores Medeiros-Junior *et al.* (2017) além de disponibilizar também, áreas de recebimento de pequeno volume que servem de entreposto do RCD descartados pela comunidade local.

Para que seja possível fazer as destinações adequadas do RCD, o município de Bauru conta com políticas públicas específicas, e com uma estrutura logística dividida em agentes de transporte e agentes de recebimento do RCD que são geridas pela SEMMA em parceria com o setor privado. Ao todo são 36 agentes transportadores associados para coleta e transporte do RCD gerenciados pela Associação dos Transportadores de Entulhos e Agregados de Bauru (ASTEN) disposta nos Apêndice 01, e 12 áreas para o recebimento do RCD divididas em 8 áreas para pequenos volumes, os Ecopontos, gerenciados pela Associação dos Catadores de Reciclagem de Bauru e Região (ASCAM) e 4 áreas destinadas para os grandes volumes, sendo: Uma usina municipal de reciclagem, uma área de melhoria, conforme Lei 5852/09 (Bauru, 2009), gerenciada pela ASTEN e duas áreas privadas, a Viverde Rays e o Grupo Reghine.

#### **8.4. Estruturas de recebimento do RCD**

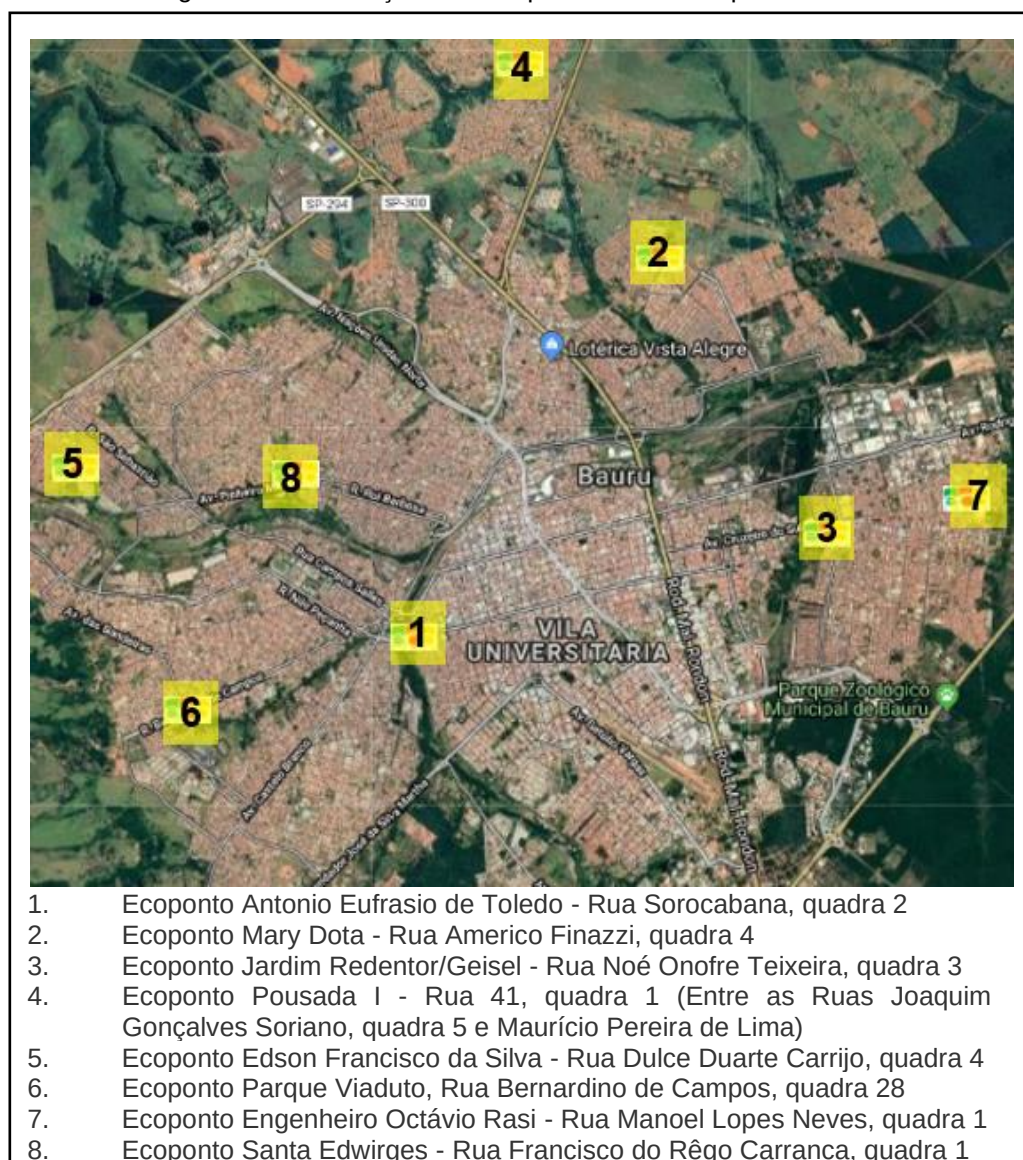
Conforme o Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011), o destino do RCD gerado pode seguir 2 caminhos, para os locais de pequeno volume, os chamados Ecopontos, que são áreas públicas criadas pela Prefeitura Municipal através da SEMMA para captação de volumes até 1,0 m<sup>3</sup> ou 1,5 toneladas em uma única obra no período de 120 dias, ou para áreas de grande volume, para recebimento de RCD acima de 1,0 m<sup>3</sup> ou 1,5 toneladas em uma única obra no período de 120 dias.

##### **8.4.1. Estruturas de recebimento de pequenos volumes - Ecopontos**

Ecopontos são áreas dedicadas ao recebimento de pequenos volumes de resíduos sólidos (até 1,0m<sup>3</sup> ou 1,5 toneladas no caso do RCD) distribuídos ao longo do plano municipal. São áreas para triagem e acondicionamento temporários de materiais inservíveis em que o próprio munícipe pode transportar tais volumes para estes locais.

No município de Bauru estão em funcionamento 08 Ecopontos, localizados no entorno da cidade, conforme mostrado na Figura 21. Nesses locais o entulho deve ser separado pelo pequeno gerador sob orientação do funcionário do local que estão aptos a receber Madeira, Plástico, Metal, Vidro, Papel e Papelão, Móveis e Eletrodomésticos. Não se pode levar grandes quantidades de entulho de construção, acima de 1m³, lixo doméstico, lixo hospitalar ou de serviços de saúde e Lixo industrial.

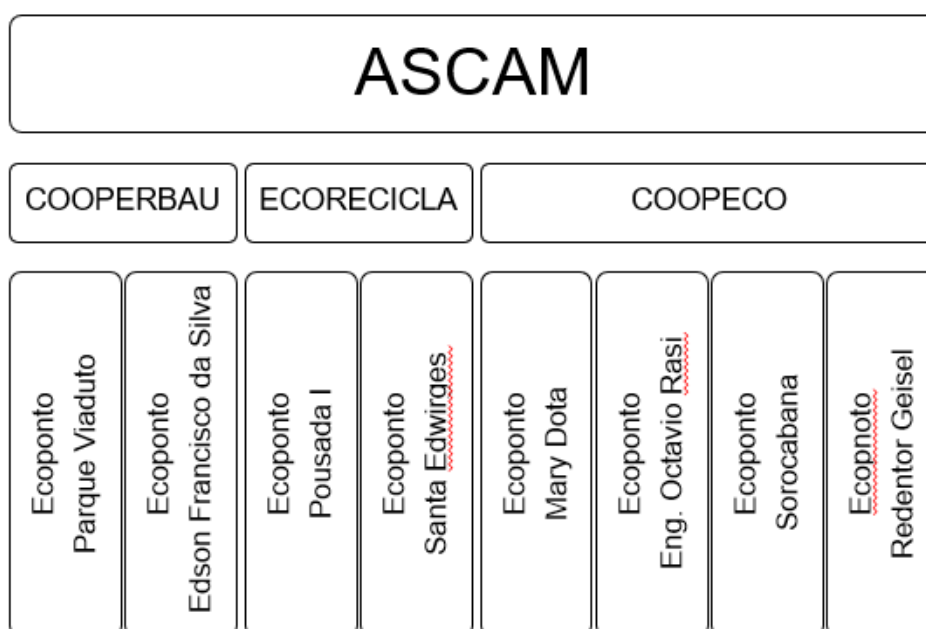
Figura 21: Localização dos Ecopontos no município de Bauru



Fonte: Adaptado do acervo de eletrônico da Prefeitura Municipal (BAURU, 2016).

Em 30 de outubro de 2019, foi firmado o contrato de gestão entre a Prefeitura Municipal de Bauru e a Associação dos Catadores de Reciclagem de Bauru e Região (ASCAM) que rege os termos de gestão e operação dos Ecopontos que engloba 3 cooperativas de reciclagem, a EcoRecicla, a Coopeco e a Coperbau, cada uma responsável pela operação de um grupo de Ecopontos, conforme Figura 22.

Figura 22: Estrutura administrativa dos Ecopontos.



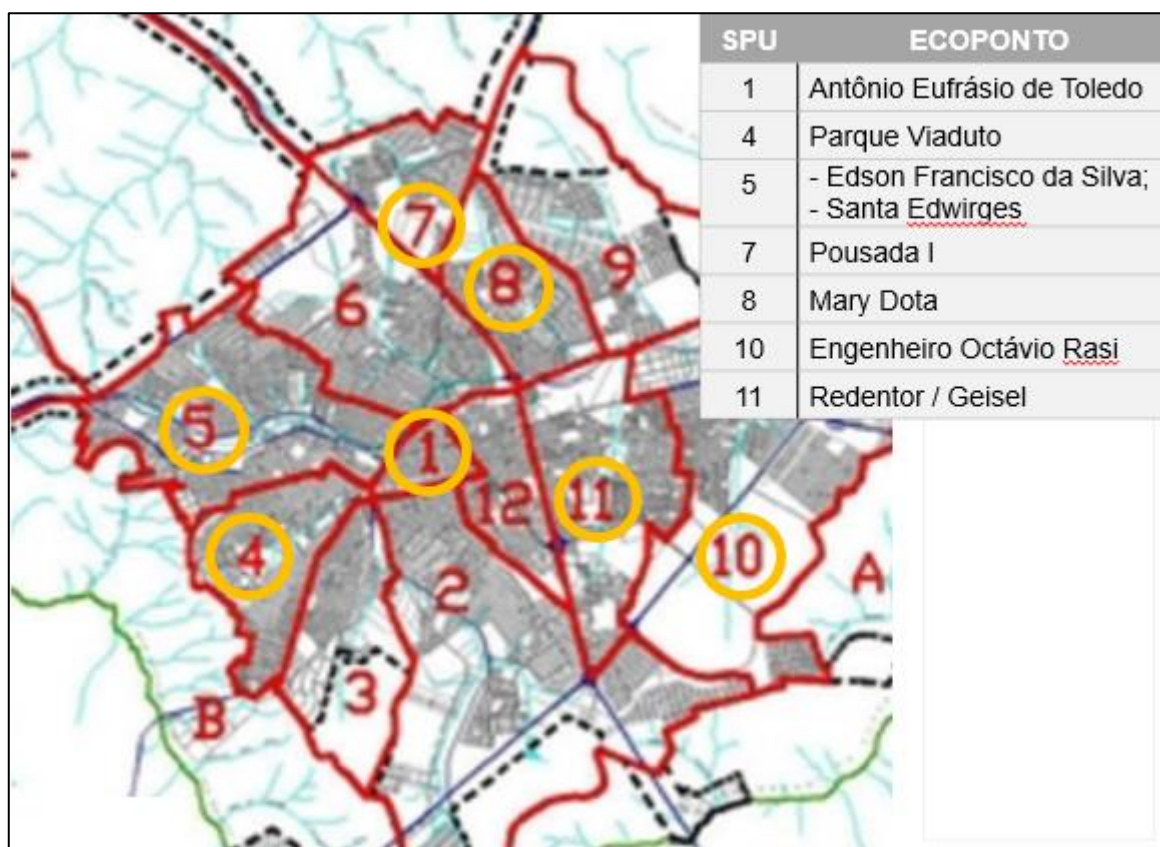
Fonte: Associação dos Catadores de Reciclagem de Bauru e Região  
(ASCAM, 2020)

A terceirização da gestão e operação dos Ecopontos pela Prefeitura Municipal de Bauru, busca direcionar conjuntamente os esforços do Estado e da iniciativa privada, para uma gestão sustentável dos resíduos com ganhos de eficiência na gestão, conforme preconizado pelo autor Melo *et al.* (2011).

Os Ecopontos estão estrategicamente instalados em áreas públicas conhecidas e de fácil acesso à população local e em geral eles foram implantados em áreas antigas de depósitos irregulares de resíduos, a Figura 23 identifica a

localização de cada Eco ponto por Setor de Planejamento Urbano (SPU) do Plano Diretor.

Figura 23: Localização dos ECOPONTOS por Setor de Planejamento Urbano (SPU).



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).

Durante a fase de pesquisa em campo foram realizadas visitas técnicas em todos os Ecopontos do município de forma a identificar as condições operacionais de cada um. Conforme descrito no contrato firmado pela ASCAM e Prefeitura Municipal de Bauru, foi possível observar que cada Eco ponto conta com uma estrutura mínima para funcionamento composta por um escritório administrativo, 02 caçambas para segregar o RCD, uma área coberta e impermeabilizada para armazenamento temporário e uma rampa para transbordo. O funcionamento ocorre no horário comercial sob a orientação de um responsável que instrui e registra o descarte.



Para cada descarte realizado é feito um controle de recebimento com nome, RG ou CPF, endereço, horário, transporte utilizado para o descarte do material, tipo de material e quantidade aproximada, que é repassado à ASCAM, o encaminhamento do RCD para a destinação final ocorre diariamente sob a responsabilidade da SEMMA. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (BAURU, 2016) o total de RCD recebido nos Ecopontos em 2015 foi de 7.565 m<sup>3</sup>, uma média mensal de 630 m<sup>3</sup>, já no ano de 2019, o recebimento médio foi de 1178 m<sup>3</sup> por ano por Ecoponto, ou 9.424 m<sup>3</sup> no ano, considerando todos os Ecopontos; um aumento de aproximadamente 25% do total do RCD que foi recebido nos Ecopontos em 2015. O aumento na geração do RCD está associado a rápida urbanização das cidades, conforme o estudo dos autores Rema *et al.* (2018).

Para a estimativa de recebimento de RCD em toneladas, o Plano Municipal de Saneamento Básico (BAURU, 2016), considerou densidade média de massa em 1,28 ton/m<sup>3</sup> (2015), desta forma, para o ano de 2015 o recebimento de RCD foi equivalente a 9.600 toneladas no ano, ao considerar a mesma densidade média de 1,28 ton/m<sup>3</sup> para o ano de 2019, o peso estimado de RCD recebido em todos os Ecopontos no ano de 2019 é de 16.963 toneladas.

Os Ecopontos estão em operação desde de 2011 em linha com o decreto 11.689/11 que estabeleceu os procedimentos para gestão ambiental dos resíduos da construção civil no município de Bauru. Na Tabela 21 estão relacionadas as áreas e data de inauguração de cada Ecoponto conforme dados da SEMMA e ASCAM.

Tabela 21: Relação de Ecopontos

| <b>Ecoponto</b> | <b>Identificação</b>       | <b>Início de Funcionamento</b> | <b>Área em m<sup>2</sup></b> |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1               | Antonio Eufrazio de Toledo | Julho/2011                     | 2.858                        |
| 2               | Mary Dota                  | Agosto/2011                    | 750                          |
| 3               | Jardim Redentor/Geisel     | Fevereiro/2012                 | 713                          |
| 4               | Pousada I                  | Março/2012                     | 900                          |
| 5               | Edson Francisco da Silva   | Agosto/2012                    | 748                          |
| 6               | Parque Viaduto             | Novembro/2012                  | 453                          |
| 7               | Engenheiro Octávio Rasi    | Agosto/2016                    | 1.023                        |
| 8               | Santa Edwirges             | Agosto/2019                    | 677                          |

Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).



Verifica-se o acréscimo gradativo de área destinada ao recebimento dos resíduos do pequeno gerador acompanhando o desenvolvimento da cidade, nota-se também que uma oferta maior de espaço em m<sup>2</sup>, por parte da Prefeitura Municipal de Bauru, nos anos mais próximos a regulamentação do decreto 11.689/11, no entanto, mesmo 8 anos depois, em 2019, ainda foi acrescida uma nova área, o Ecoponto Santa Edwirges, demonstrando uma política pública em evolução com vistas a atender as preocupações da sociedade com os efeitos negativos dos resíduos, conforme os autores Umar *et al.* (2018).

Foram feitos também, registros fotográficos de cada Ecoponto para verificar as condições atuais das instalações, o preparo das equipes locais e o uso da área pelo munícipe, para isso, todas as vistas técnicas ocorreram durante o horário de funcionamento. Estes registros estão dispostos nas Figuras de 24 até 31 e apresentam a situação visual atual de cada Ecoponto.

Figura 24: Ecoponto - Antônio Eufrásio de Toledo.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Ecoponto Antônio Eufrásio de Toledo ou Ecoponto da Rua Sorocabana, Figura 24, inaugurado em 2011 e operacionalizado pela Coopeco, é o maior e mais central de todos com uma área total de 2.858 m<sup>2</sup>, devido a sua localização é a unidade que mais recebe RCD.

Figura 25: Ecoponto - Mary Dota.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Ecoponto Mary Dota, Figura 25, inaugurado em 2011 e operado pela Coopeco, foi o segundo a entrar em operação com seus 750m<sup>2</sup> de área, está bem localizado para atender uma região muito populosa do município e tem a vantagem de estar próximo a Área de Melhoria administrada pela ASTEN e próxima à Usina Municipal de Reciclagem de RCD. Entre todos os Ecopontos visitados é o que apresentou melhor condição visual.

Figura 26: Ecoponto - Jardim Redentor/ Geisel.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Ecoponto Jardim Redentor/ Geisel, Figura 26, foi o primeiro de uma série de Ecopontos inaugurados no ano de 2012, possui uma área total de 713 m<sup>2</sup>, é operacionalizado pela Coopeco e chamou a atenção pela estreita comunicação com a ASCAM, além do bom conhecimento do funcionário responsável, em relação aos procedimentos internos da empresa.



Figura 27: Ecoponto - Edson Francisco da Silva



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Ecoponto Edson Francisco da Silva, Figura 27, inaugurado em 2012 e operacionalizado pela Coperbau, possui uma área de 453 m<sup>2</sup> e está localizado em uma área um pouco mais afastada do município, porém relativamente próximo a área de grande recebimento denominada de Viverde Rays.

Figura 28: Eco ponto - Pousada I



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Eco ponto, Pousada I, Figura 28, foi inaugurado em 2013 e é operacionalizado pela EcoRecicla, possui uma área de 900 m<sup>2</sup> e está localizado em uma área um pouco mais afastada do município. Durante a visita técnica, foi observado um trabalho de orientação da ASCAM aos funcionários locais.

Figura 29: Eco ponto - Parque Viaduto.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Eco ponto Parque Viaduto, Figura 29, é operacionalizado pela Coberbau e foi o último inaugurado em 2012, entre todos os Ecopontos, este é o que apresenta a menor área com apenas 453 m<sup>2</sup>. Durante a visita foi observada uma pequena quantidade de entulho no entorno.

Figura 30: Eco ponto - Engenheiro Octávio Rasi.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).



O Ecoponto Engenheiro Octávio Rasi, (Figura 30) é operacionalizado pela Coopeco, foi inaugurado em 2016, é o segundo maior Ecoponto do município com 1.023m<sup>2</sup> de área e está localizado próximo a uma região industrial e próximo a ASCAM.

Figura 31: Ecoponto - Santa Edwirges



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

O Ecoponto Santa Edwirges, Figura 31, é o mais novo entre todos, foi inaugurado em 2019 é operacionalizado pela EcoRecicla e possui uma área total de 677 m<sup>2</sup>. Como o Mary Dota, está localizado em uma área bastante populosa. Chamou a atenção por não possuir o totem padrão dos demais Ecopontos.

Os Ecopontos, Edson Francisco da Silva, Parque Viaduto, Engenheiro Octávio Rasi e o Pousada I, são os mais periféricos entre eles, o Pousada I é que está mais próximo da Área de Melhoria gerenciado pela ASTEN que é um dos principais pontos de entrega do RCD em Bauru, já os Ecopontos Antônio Eufrásio de Toledo, Santa Edwirges, Redentor/ Geisel e Mary Dota são os mais centrais, entre eles, o Mary Dota é o mais próximo da Área de Melhoria e da Usina Municipal de Reciclagem de RCD. A disposição geográfica das áreas de recebimento são relevantes tanto do ponto de vista econômico, valor de transporte, como da análise

do ciclo de vida; segundo os autores Marinkovic *et al.* (2010) e Zangh *et al.* (2020) distâncias maiores de transportes, impactam negativamente no benefício do uso do agregado reciclado.

#### 8.4.2. Estruturas de recebimento de grandes volumes

As áreas destinadas aos grandes volumes (maior que 1m<sup>3</sup> em um prazo de 120 dias) são classificadas como área de Transbordo e Triagem (ATT), áreas de reciclagem, aterros de RCD e áreas de melhorias, de acordo com Plano Municipal de Saneamento Básico de 2016 (BAURU, 2016).

No município de Bauru existem 4 possibilidades para a destinação adequada de grandes volumes de RCD, sendo 2 áreas de transbordo e triagem, 1 usina municipal de reciclagem e uma área de melhoria. A Figura 32 mostra a localização destas áreas e na Tabela 22, estão relacionadas as áreas e data de inauguração de cada área de grande recebimento.

Tabela 22: Relação das áreas de grande recebimento

|   | <b>Identificação</b>                 | <b>Início de Funcionamento</b> | <b>Área em M²</b> |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1 | Viverde Rays                         | 2010                           | 24.000            |
| 2 | ATT e área de melhoria               | 2014                           | 72.000            |
| 3 | Usina municipal de reciclagem do RCD | 2016                           | 8.670             |
| 4 | Resíduos Urbanos (Grupo Reghine)     | 2015                           | 9.000             |

Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019), Asten (2020), Viverde Rays (2020) e Grupo Reghine (2020).



Figura 32: Localização das áreas de recepção do RCD



Fonte: Adaptado do acervo de eletrônico da Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2016).

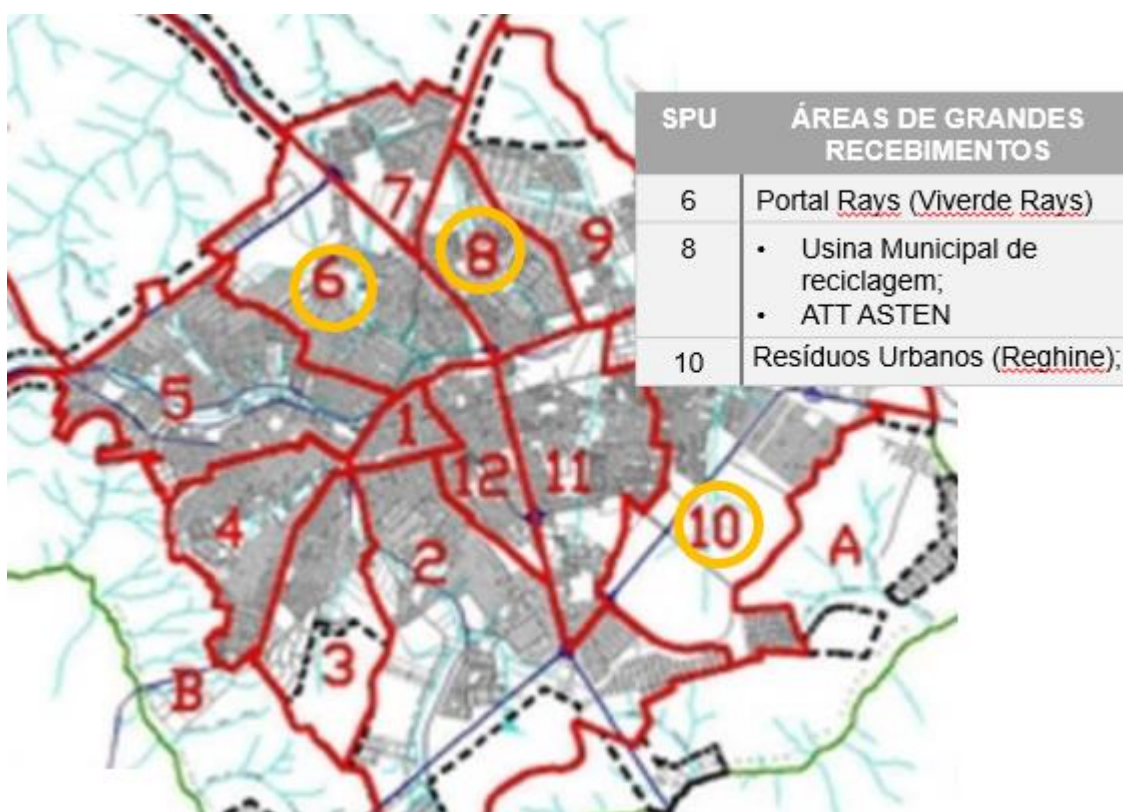
Assim como ocorreu nos Ecopontos, verifica-se um acréscimo gradativo de área a partir do ano de 2010, destinada a reciclagem de grandes volumes do RCD no município de Bauru. Destaque para o início das atividades de reciclagem da empresa Viverde Rays, mesmo antes do Decreto 11.689/11 (BAURU, 2011) que implantou os procedimentos para gestão ambiental dos resíduos da construção civil no município de Bauru. Uma oportunidade de negócio associada à preocupação da sociedade com os efeitos negativos dos resíduos da construção civil, conforme citado na pesquisa dos autores Umar *et al.* (2018)

Importante destacar novamente, a participação da iniciativa privada em conjunto com o Estado, observado no trabalho de Melo *et al.* (2011), no caso da Área de Melhoria que trata de um contrato de prestação de serviços de uma associação sem fins lucrativos com Prefeitura Municipal de Bauru e das usinas privadas de reciclagem que recebem, triam e processam o RCD para possibilitar a

reaplicação do material em obras públicas conforme previsto no Decreto 11.689/11 (BAURU, 2011) e observadas as normas NBR15116:2004 e NBR 15115:2004.

As exemplo dos EcoPontos, as áreas de grande recebimento estão instaladas dentro dos setores urbanos definidos no Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Bauru, Figura 33, sendo estes locais com bom acesso a veículos pesados que fazem o transporte do RCD.

Figura 33: Localização das áreas de grandes recebimentos por Setor de Planejamento Urbano (SPU).



Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).

Verifica-se na Figura 33, uma concentração na parte mais ao norte da cidade onde se encontra a principal e maior área de recebimento de grandes volumes de resíduos, a Área Melhoria que é o aterro de inertes Bauru, conhecido como ASTEN. Do ponto de vista do transporte de carga, considerando a distância

com relação às zonas centro-sul do município, regiões com maior concentração imobiliária (Figura16), esta é uma disposição que reduz os benefícios do o ciclo de vida do agregado reciclado, conforme os autores Marinkovic *et al.* (2014) e Zangh *et al.* (2020).

Analogamente a pesquisa de campo realizadas nos Ecopontos, foram realizadas visitas técnicas e registros fotográficos de cada área de grande volume para conhecer as condições atuais das instalações, o preparo das equipes locais e os detalhes da operação de recebimento e reciclagem, conforme indicado na pesquisa de Yu *et al.* (2019).

A usina privada Viverde Rays, localizada no Distrito Industrial 3, SPU 6 conforme a (Figura 33), iniciou o recebimento do RCD em 2010, possui uma área total de 24.000 m<sup>2</sup> dedicada a triagem e produção de material reciclado para construção civil, em suas instalações conta com um britador de 100 toneladas por hora, esteira, peneira e balança e fabrica além do agregado reciclado propriamente dito, a bica corrida, o rachão e a areia reciclada, utilizados em concretos não estruturais, conforme os autores Benarchid *et al.* (2018) e em pavimentação e sub base em conformidade às normas técnicas NBR 15115:2004 e NBR15116:2004 e aos estudos de Gálvez-Martos *et al.* (2018). A Figura 34, mostra no canto superior esquerdo o RCD triturado na usina e no canto superior direito, o agregado reciclado aplicado como pavimentação rural em áreas no entorno de Bauru.

Figura 34: Área de triagem e britador da usina Viverde Rays.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

Segundo o proprietário, atualmente a empresa possui como gargalo de produção, a etapa de triagem que é feita manualmente, conforme o processo de reciclagem tradicional descrito pelos autores John e Agopyan (2000) e utiliza para isso, mão de obra de reeducandos do sistema penitenciário local. Com relação a produção, a empresa informou durante a visita técnica, que recebe em média 250 caçambas de 4m<sup>3</sup> por mês, o equivalente a 12.000 m<sup>3</sup> por ano. A Tabela 23 traz o extrato dos resíduos recebidos no ano de 2019 informado pela empresa.

Tabela 23: Resíduos recebidos no ano de 2019 - Viverde Rays.

| Classe | Toneladas |
|--------|-----------|
| A      | 29.254    |
| B      | 1.395     |

Fonte: Viverde Rays, (2020).

Com relação ao volume do agregado reciclado comercializado em 2019, a empresa informou que foram vendidas 2.706 toneladas, o equivalente a aproximadamente 50% do total de produtos reciclados que foram produzidos



naquele ano. Desta forma, a produção total de agregado reciclado de 2019, atingiu o valor aproximado de 5.400 toneladas sendo que 50% viraram estoque.

Do ponto de vista da eficiência do processo, considerando a estimativa de produção anual de 5400 toneladas (Tabela 23), apenas 18,46% do total do RCD recebido, foi transformado em agregado reciclado. Do ponto de vista da viabilidade econômica, a formação de estoque na usina, pode ser minimizada com incentivos previstos na legislação local, conforme os autores Lockrey *et al.* (2016). A empresa informou ainda, que a legislação brasileira não prevê a compensação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), o que agrega custos a produção.

Outra área privada para descarte de RCD é o Grupo Reghine, identificado pela Prefeitura Municipal de Bauru como Resíduos Urbano, a usina está localizada no distrito industrial 2, SPU 10 do Plano Diretor do município de Bauru (Figura 33), e recebe o RCD desde 2015. Segundo dados colhidos da empresa, ela está instalada em uma área de 9.000 m<sup>2</sup>, com capacidade de recebimento de RCD de 169.000m<sup>3</sup> anualmente.

A Figura 35, mostra as instalações do grupo Reghine; a direita a esteira e o britador e no canto inferior esquerdo o controle de recebimento de carga utilizado pela empresa; durante a visita técnica, foi possível acompanhar a chegada de um caminhão poliguindaste, carregado com uma caçamba de 4m<sup>3</sup>, que deu entrada com este documento de controle de carga.

Figura 35: Instalações do Grupo Reghine.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

Da mesma forma que a empresa Viverde Rays, o Grupo Reghine, recebe e tria o RCD manualmente para a produção do agregado reciclado, areia reciclada, e pedra reciclada, utilizados em concretos não estruturais, em conformidade às normas técnicas NBR 15115:2004 (ABNT, 2004a) e NBR15116:2004 (ABNT, 2004b), para aplicação em pavimentação e sub base.

O Grupo Reghine informou que são recebidos 20.800m<sup>3</sup> de RCD por ano, em um total de 5200 caçambas de 4m<sup>3</sup>, o equivalente a 53.040 toneladas por ano. A empresa não informou o volume de agregado reciclado produzido, no entanto, ela declarou que em média consegue comercializar até 20% deste material, alegando dificuldades de aceitação no mercado, em linha com as barreiras para aplicação do agregado reciclado, identificadas pelos autores John e Agopyan (2000), além das dificuldades de aceitação do produto, que acaba gerando estoque, a empresa alegou também, problemas com a tributação brasileira do ICMS, informando ter um valor superior ao material natural ou virgem, sendo necessário a aplicação de fatores econômicos, como a adequação dos tributos e impostos, para uma melhor eficiência nos planos de gerenciamento do RCD, conforme discutido pelos autores Gálvez-Martos *et al.* (2018).

O município de Bauru conta também, com uma Área de Melhoria prevista na Lei municipal 5852/09 (BAURU, 2009), em que a Prefeitura disponibiliza uma área para recebimento e triagem de RCD para a recuperação ambiental desta área, com o manejo adequado dos resíduos recebidos, conforme as aplicações recomendadas pelos autores Gálvez-Martos *et al.* (2018) Ela está localizada na extensão da Avenida Malandrino Mondelli no jardim Chapadão que pertence SPU 8, conforme indicado na (Figura 33).

A Associação dos Transportadores de Entulho e Agregados de Bauru (ASTEN) administra este local desde 2014 sob um convênio assinado com a Prefeitura Municipal de Bauru. A área é um terreno de 72.000m<sup>2</sup> que pertence a ao município e apresenta um avançado quadro erosivo que, segundo relatos colhidos na ASTEN, surgiu em consequência de anos de retirada de terra para obras de construção civil no município. O que justifica os apontamentos dos autores Tam e Hao (2014), referente aos efeitos negativos da construção civil, sobre o meio ambiente, A Figura 36 mostra detalhes das instalações e operações de recebimento e triagem pela ASTEN.

Figura 36: instalações e operações de recebimento e triagem pela ASTEN.



Fonte: Acervo do próprio autor (2019).

A Área de Melhoria, ou aterro de inertes, ou simplesmente ASTEN, como é conhecida, é o principal destino do RCD em Bauru e tem capacidade total aproximada de 400.000 m<sup>3</sup> para o recebimento de resíduos que são transportados por caçambas que chegam muitas vezes misturadas com resíduos orgânicos. A empresa informou que em média, 8 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por ano, são transportadas dentro das caçambas e entregues na ATT, um problema que tanto a ASTEN como todas as demais áreas de grande recebimento vêm tentando resolver, recusando o recebimento da caçamba com este tipo de resíduo.

A ASTEN informou ainda, que são recebidas em média, 30.000 caçambas de 4m<sup>3</sup> por ano, que depositam o total de 120.000m<sup>3</sup> de resíduos sólidos por ano, o equivalente a 306.000 toneladas por ano. Diferente das outras áreas de grande recebimento, a ASTEN não comercializa agregado reciclado.

Por fim, a Prefeitura Municipal de Bauru, mantém e administra uma usina de beneficiamento de agregados reciclados em conjunto com a usina de asfalto municipal. Localizada no Distrito Industrial 1, também no Setor de Planejamento Urbano 8, Indicada na (Figura 33), a usina recebe e tria o RCD para produção de areia e cascalho que são aplicados na manutenção de estradas rurais, atualmente, segundo a Prefeitura Municipal de Bauru, a produção de agregados está limitada pelas estruturas e máquinas disponíveis, onde podem ser processados até 700 toneladas por mês de RCD. A Figura 37, mostra detalhes das instalações da usina.



Figura 37: Detalhes das instalações e materiais empilhados na Usina Municipal de reciclagem de RCD.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

De acordo com os estudos dos autores John e Agopyan, (2000), as usinas brasileiras de reciclagem de RCD são predominantemente operadas pelas prefeituras municipais, que aplicam o material reciclado para as obras de pavimentação local.

## **8.5. Locais de recebimentos irregulares**

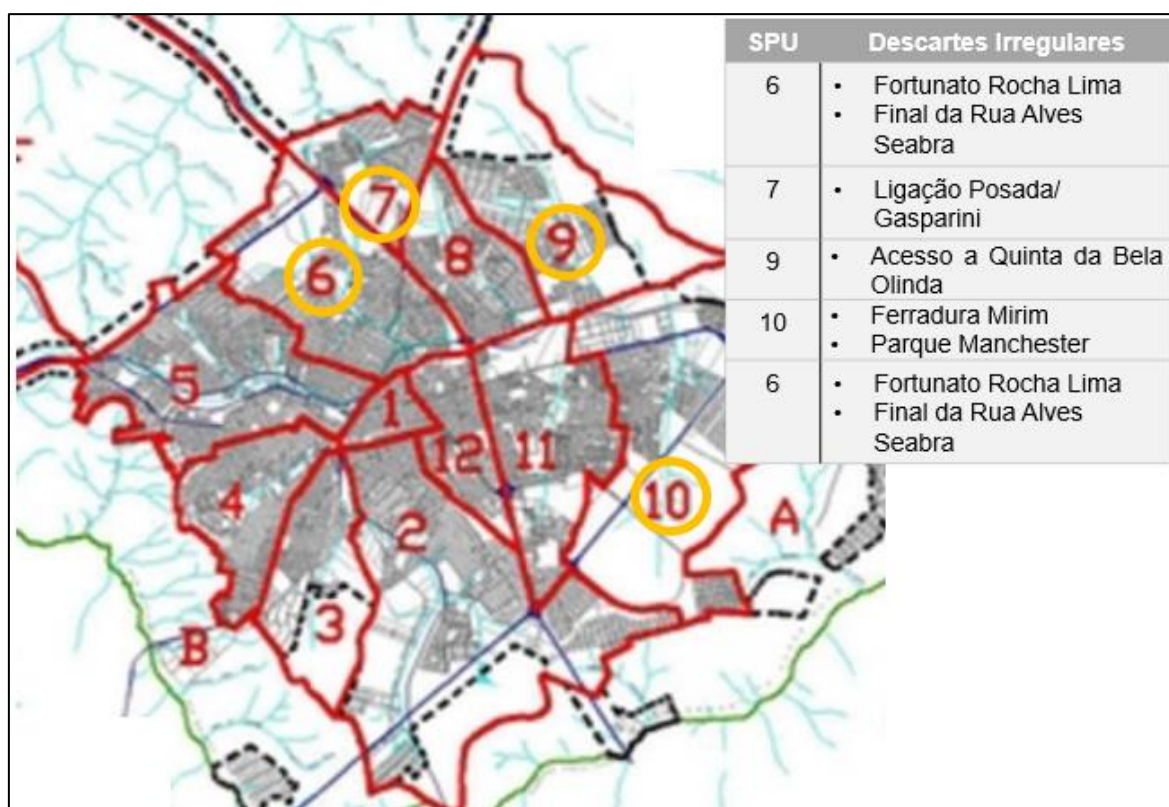
Embora o município apresente uma legislação dedicada ao tratamento o RCD, Decreto 11689/11 (BAURU, 2011) que atende a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a) e toda uma estrutura logística para a destinação ambientalmente correta do RCD, foram identificados locais de descartes irregulares de resíduos, corroborando com os estudos de Paz e Lafayette

(2016). Segundo a Prefeitura Municipal de Bauru, os locais de descartes irregulares de resíduos são:

- Ligação Pousada/ Gasparini
- Final da Rua Alves Seabra
- Parque Manchester
- Ferradura Mirim
- Fortunato Rocha Lima
- Acesso a Quinta da Bela Olinda

Estes locais foram mapeados de acordo com o Plano Diretor do município de Bauru, mostrados na Figura 38.

Figura 38: Locais irregulares de recebimento de RCD.



Fonte: Adaptado do Plano Diretor Participativo (BAURU, 2008).

Por questão de segurança e acesso, a pesquisa se limitou a registrar a situação atual de apenas um ponto de descarte irregular, ou seja, a Ligação Pousada/ Gasparini. A Figura 39, mostra a situação atual do ponto irregular denominada Ligação Pousada / Gasparini.

Figura 39: Situação atual da ligação Pousada / Gasparini.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

A Ligação Pousada / Gasparini, Figura 39, é uma via de acesso entre os bairros Pousada da Esperança e o Núcleo Gasparini onde não existe arruamento, iluminação pública, calçadas e bueiros. Com uma extensão total aproximada de 1 km, verificou-se, pilhas de RCD que se amontoam pelo caminho, materiais que deveriam ser encaminhados para reciclagem como plásticos, metais e madeira, além de resíduos urbanos em geral, um problema que pode causar prejuízos tanto ao munícipe como para a administração pública, conforme comentado na pesquisa do autor Duan *et al.* (2018).



## 8.6. Transportadoras

A pesquisa buscou também identificar os agentes transportadores de RCD no município de Bauru, ao todo foram identificados 36 transportadores associados à ASTEN que é a Associação dos Transportadores de Entulho e Agregados de Bauru; a listagem completa se encontra no Apêndice 01. O transporte de RCD em Bauru se dá predominantemente em caçambas de 4m<sup>3</sup>, com utilização de caminhões tipo poliguindastes, conforme ilustra a Figura 40.

Figura 40: Caracterização do transporte de RCD em Bauru.



Fonte: Acervo do próprio autor (2020).

Entre as informações colhidas, chama a atenção o fato da existência de sistemas informatizados para geração de rotas gerando ganhos de eficiência com a redução do impacto tanto no trânsito da cidade como no consumo de combustível dos caminhões, elementos relevantes para os benefícios do uso do agregado reciclado, conforme recomendado pelo autores Marinkovic *et al.* (2010).

Foram identificados também a existência de controle formais para o transporte e entrega do e RCD, no município de Bauru, o Decreto 11.689/11

(BAURU, 2011) estabelece a emissão obrigatória do Comprovante de Transporte de Resíduo (CTR) (Figura 04) para o acompanhamento da carga, no “*website*” da SEMMA é possível imprimir o CTR diretamente pela Internet facilitando o uso e controle do usuário.

Com relação a capacidade de carga, duas empresas declararam possuir mais de 40 caçambas, sendo, a empresa Lev Entulho com 130 caçambas e Eulix com 60 caçambas. Ao considerar a máxima capacidade de acumulação temporária de RCD destes dois agentes, tem-se que 760m<sup>3</sup>, considerando todas as caçambas com 4 m<sup>3</sup> de capacidade de carga.

O volume anual de carga transportada declarado por estes transportadores, são: Para a empresa Eulix, o total 4.290 m<sup>3</sup>, para a empresa Lev Entulho, o total de 9800m<sup>3</sup>, ambas informaram que o principal destino de entrega é a Área de Transbordo e Triagem (ATT) administrado pela ASTEN.

Observa-se que, ainda que a pesquisa tenha sido devidamente encaminhada a todas as 36 transportadoras cadastradas, apenas 2 responderam as questões enviadas; um número muito baixo que inviabilizou a observação de padrões.

## **8.7. Estimativa de Geração de RCD no Município de Bauru**

Para a estimativa de geração de RCD no município, a pesquisa considerou as quantidades de caçambas transportadas, os volumes em m<sup>3</sup> recebidos nas áreas de recebimento de RCD e a densidade média de massa, igual a 1,28 toneladas por m<sup>3</sup>, conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico (BAURU, 2016). No caso da empresa Viverde Rays, foi informado tanto o volume recebido em m<sup>3</sup>, como o peso do RCD recebidos em toneladas durante o ano de 2019, portando, para esta empresa, não foi aplicado o fator de densidade de massa para o cálculo de peso em toneladas. O resumo destas estimativas, está disposto na Tabela 24.

Tabela 24: Estimativa de resíduos entregues nas estruturas de recebimento do município de Bauru, no ano de 2019

| Áreas de Recebimento de RCD | Estrutura de Recebimento | Quantidade de caçambas recebidas por ano | Volume médio recebido em m <sup>3</sup> por ano | Densidade de carga em ton/m <sup>3</sup> | Peso médio em Toneladas no ano |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| Ecopontos                   | Pequenos volumes         | Não informado                            | 9.424 Enviados para ASTEN                       | 1,28                                     | 12.063 Enviados para ASTEN     |
| Viverde Rays                | Grande Volumes           | 3.000                                    | 12.000                                          |                                          | 30.649                         |
| Reghine                     | Grande Volumes           | 5.200                                    | 20.800                                          | 1,28                                     | 26.624                         |
| ASTEN                       | Grande Volumes           | 30.000                                   | 120.000 Inclui Ecopontos                        | 1,28                                     | 153.600 Inclui Ecopontos       |
| <b>Total:</b>               |                          |                                          | <b>152.800</b>                                  |                                          | <b>210.873</b>                 |

Verifica-se na Tabela 24, que a ASTEN é o principal destino para o descarte do RCD em Bauru, incluindo o volume deste tipo de resíduos coletados nos Ecopontos, confirmando a informação prestadas pelas empresas transportadoras, isso indica que a 73% do RCD gerado em Bauru é destinado ao aterro de inertes (ASTEN) e não para a reciclagem. Este é um ponto de atenção pois, segundo a Prefeitura Municipal de Bauru, o aterro de inertes deverá ser desativado e, possivelmente, ser transformado em uma usina de agregados reciclados, informação também obtida durante as visitas técnicas na ASTEN.

Entre as usinas de triagem Viverde Rays e Reghine, destaca-se o fato do peso do RCD, Classe A e B, recebido pela primeira, apresentar densidade de massa de 2,55 toneladas por m<sup>3</sup>, um valor muito acima da densidade de carga informada no o Plano Municipal de Saneamento Básico, (Bauru, 2016) O que indica a necessidade de verificação da qualidade do dado informado pela Viverde Rays e um estudo de revisão de densidade de massa, reiterando as declarações dos autores Li *et al.* (2013) sobre a significância dos índices da construção civil.

Com relação aos Ecopontos, apesar de representar apenas 6% do volume total de RCD no ano de 2019, demonstra a sua importância como uma área de recebimento que atende o município de forma rápida e sem custos e ao fato destas áreas estarem distribuídas ao redor do município, próximas a população, ajuda a conter o descarte irregular.

Durante a fase de pesquisa em campo, a Prefeitura Municipal de Bauru informou ainda, que o município gera em média 250 toneladas de RCD por dia, ou 91.250 toneladas de RCD por ano, contrastando fortemente com os valores obtidos nesta pesquisa (Tabela 24) e com a estimativa de 216.000 toneladas geradas no ano de 2015 informada no Plano de Municipal de Saneamento (BAURU, 2016), além disso, somente o volume de RCD recebido pela ASTEN, supera em mais de 240% do valor informado, desta forma, o cálculo para a estimativa do RCD no município irá desconsiderar o valor de 250 toneladas por dia, informado pela prefeitura, justificando as declarações dos autores Wu *et al.* (2019), sobre a necessidade da acuracidade da informação para um plano efetivo de gerenciamento de resíduos da construção e demolição.

Também foi solicitado à Prefeitura Municipal de Bauru, tanto em reunião presencial, como por e-mail e telefone, informações referentes aos alvarás de aprovação de construção e demolição, com a finalidade de se obter a área em m<sup>2</sup> aprovada pela Secretaria de Planejamento (SEPLAN). Este dado foi solicitado para cálculo da estimativa de geração de RCD no município de Bauru, seguindo as recomendações citadas nos trabalhos dos autores Pinto (1999); Neto e Schalch (2011); Llatas (2011) e Melo *et al.* (2011). Como não foi possível ter acesso a este dado, o cálculo estimativo de geração de RCD por área licenciada no município foi substituído pela somatória dos volumes informados em cada área de grande recebimento.

Referente a estimativa de geração per capita, considerando o total estimado de 376.818 mil habitantes em 2019 projetado pelo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) e volume total de RCD estimado (Tabela 25), tem-se que a geração provável de RCD em Bauru é de 1,53 kg por habitante por dia. Como base de comparação, a Tabela 25, faz o comparativo entre a região Sudeste a qual pertence e outros 5 municípios de médio porte do estado de São Paulo que declararam os dados da coleta do RCD no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR).

Tabela 25: Geração provável de RCD per capta por dia.

| Município    | Ano <sup>11</sup> | População <sup>12</sup> | Índice de Geração de RCD kg / hab.dia | Fonte                     |
|--------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Região SE    | 2018              |                         | 0,73                                  | (ABRELPE, 2019)           |
| Barueri      | 2016              | 274.182                 | 1,62                                  | (SINIR, 2019)             |
| <b>Bauru</b> | <b>2019</b>       | <b>376.818</b>          | <b>1,53</b>                           | Estimativa desta pesquisa |
| Araraquara   | 2016              | 236.072                 | 1,42                                  | (SINIR, 2019)             |
| Limeira      | 2016              | 306.114                 | 1,31                                  | (SINIR, 2019)             |
| Jundiaí      | 2016              | 418.962                 | 1,27                                  | (SINIR, 2019)             |
| Taubaté      | 2016              | 314.924                 | 0,99                                  | (SINIR, 2019)             |

Observa-se na Tabela 25, que o município de Bauru tem geração provável de RCD, acima da média da região sudeste, considerando a estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), no entanto, em comparação com outras cidades do estado de São Paulo e de porte populacional semelhante, o índice de geração de RCD se apresenta muito próximo, quando comparado aos municípios de Barueri e Araraquara e mais distante quando comparado aos municípios de Limeira, Jundiaí e Taubaté, estes últimos, com número de habitantes que mais se assemelham à Bauru. Destaca-se também, a distância temporal dos índices expostos, que podem influir nesta comparação.

<sup>11</sup> Data mais recente disponível.

<sup>12</sup> Fonte: População estimada para 2019 (IBGE, 2016).



## **9. Considerações Finais**

Esta pesquisa foi desenvolvida tendo como objeto de estudo o município de Bauru, que está entre as maiores cidades do estado de São Paulo tanto em população, como renda per capita, portanto, com um grande potencial a ser considerado pela indústria da construção civil que conseqüentemente, demanda a aplicação de um modelo eficiente para o gerenciamento do RCD.

O foco deste trabalho foi a identificação dos agentes e processos envolvidos ao longo do ciclo do RCD no município e teve os seus objetivos atingidos a partir da análise do Plano de Resíduos Sólidos do município e pesquisas de campo que foram referenciadas com uma revisão de literatura abrangente.

Com base nos resultados encontrados é possível afirmar que:

O município de Bauru possui uma legislação específica para o tratamento do RCD, Decreto 11.689/11 (BAURU, 2011) alinhado com a Resolução 307/02 (CONAMA, 2002) e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) Lei 305/10 (BRASIL, 2010a) que pormenoriza os procedimentos para gestão ambiental dos resíduos da construção civil no município, dispondo sobre as obrigações e responsabilidades de acordo com a quantidade do RCD gerado.

A estrutura logística que trabalha com o RCD, distribuída nos Setores de Planejamento Urbano (SPU) de acordo com o Plano Diretor do município, conta com uma associação de transportadores de entulho e agregados, uma ampla que trabalha com a coleta e descarga dos resíduos, locais de recebimento para os pequenos geradores, os Ecopontos e locais de recebimento para os grandes geradores, que inclui Áreas de Transbordo e Triagem (ATT), Área de Melhoria (aterro de inertes) e usinas de reciclagem.

Ao todos são 8 Ecopontos localizados em áreas próximas as comunidade locais, sendo eles: Antônio Eufrásio de Toledo - SPU 01; Edson

Francisco da Silva - SPU 05; Mary Dota - SPU 08; Jardim Redentor Geisel - SPU 11; Pousada I - SPU 07; Parque Viaduto - SPU 04; Engenheiro Octávio Rasi - SPU 10; Santa Edwirges - SPU 05, cada um com 2 caçambas de 4 m<sup>3</sup>, que receberam 9.424 m<sup>3</sup> de RCD no ano de 2019 e que foram transportados para os locais de recebimento de grande volume sob a responsabilidade da Secretaria do Meio Ambiente (SEMMA). A partir de novembro de 2019, todos os Ecopontos de Bauru passaram a ser administrados, pela Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Bauru e Região (ASCAM).

As áreas de grande recebimento estão distribuídas em 4 locais diferentes com área total disponível de 113.670 m<sup>2</sup> sendo: Uma usina municipal de reciclagem - SPU 08 com área de 8.670 m<sup>2</sup> que recebe o RCD que são transportados sob a responsabilidade da SEMMA, duas ATTs privadas que triam e processam o RCD, a Viverde Rays localizada no - SPU 06 com área de 24.000 m<sup>2</sup> e o Grupo Reghine localizada no - SPU 10 com área de 9.000 m<sup>2</sup> e uma área de melhoria (aterro de inertes) localizada no - SPU 08, com área de 72.000 m<sup>2</sup> que é administrado desde 2014, pela Associação dos Transportadores de Entulho e Agregados de Bauru (ASTEN) sob um convênio com a Prefeitura Municipal de Bauru.

O município apresenta pontos de descartes irregulares que foram identificados pela Prefeitura Municipal de Bauru, porém, como estão à margem das políticas públicas vigentes, não apresentam dados confiáveis, no entanto, estes locais foram mapeados e podem endereçar pesquisas futuras envolvendo a mensuração de cada área para elaboração de plano de ação com finalidade de mitigar a formação de novas áreas e revitalizar as existentes.

A rede de transporte de resíduos sólidos do município é gerenciada pela ASTEN e conta com 36 associados que executam a coleta, o transporte e o descarte final do RCD. Em Bauru, predomina o transporte de resíduos sólidos em caçambas de 4 m<sup>3</sup> que são controladas pelo Controle de Transporte de Carga (CTR). O município conta com o CTR eletrônico que é gerado pela empresa transportadora cadastrada na prefeitura e que permite o controle e monitoramento da carga tanto pelo gerador, como pela prefeitura. Pesquisas futuras podem

analisar a viabilidade de monitoramento de carga em tempo real com tecnologia *Global Position System* (GPS).

Com relação a geração provável de RCD, o município de Bauru gerou no ano de 2019, o volume total de 152.800 m<sup>3</sup> de RCD, o equivalente a 210.873 toneladas<sup>13</sup>, alcançando o índice de 1,53 kg/hab.dia, portanto acima da média da coleta de RCD da região sudeste de 0,726 kg/hab.dia informado no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019 (ABRELPE, 2019), assim sugere-se para pesquisas futuras, pesquisas que envolvam o desenvolvimento da indústria da construção civil tanto no município como no estado, para comparar da evolução local do setor de construção.

Como pontos positivos da gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição no município de Bauru, pode-se citar, a utilização do CTR eletrônico para o transporte dos resíduos da construção e demolição, os 8 Ecopontos instalados ao redor do município e próximos aos munícipes, as parcerias com cooperativas e associações para operação de áreas de coleta e triagem, a existência de 3 usinas para a reciclagem de RCD e a legislação municipal alinhada com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Com relação aos pontos negativos, chama a atenção o índice de geração de RCD por habitante, sendo o segundo maior das cidades de médio porte da região sudeste do Brasil que declararam os dados do RCD para o SINIR, a subutilização da usina municipal de reciclagem de RCD, destinando muitos deste resíduos para o aterro de inertes e a pequena aplicação do agregado reciclado tanto pela Prefeitura Municipal de Bauru, como pela comunidade local. Especificamente para o município de Bauru, recomenda-se que a Secretaria de Planejamento (SEPLAN) exija o Plano de Geração de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) antes do início das obras, além de promover treinamentos presenciais para capacitação da mão de obra local aumentando a conscientização da comunidade como um todo.

---

<sup>13</sup> Considerando a densidade de massa de 1,28 toneladas por m<sup>3</sup> informada no Plano Municipal de Saneamento Básico (BAURU, 2016).

A pesquisa identificou na literatura, as possibilidades de aplicação dos agregados reciclados como forma de obter ganhos de eficiência no plano de gerenciamento do RCD. Como principais uso foram identificados pelos autores, Marinkovic *et al.* (2010); John e Agopyan (2000); Medeiros-Junior *et al.* (2017); Gálvez-Martos *et al.* (2018) e Benarchid *et al.* (2018), o uso em subleito, sub-base para pavimentação, execução de estacas para compactação de solo, concreto para cimento com função não estrutural e estrutural, desde que observadas as restrições de substituição máxima do material natural, granulometria e consumo de água.

Por fim, entre os principais desafios para a eficiência da gestão municipal do RCD destacam a aderência da sociedade no atendimento das políticas públicas, as necessidades logísticas, para a destinação ambientalmente correta dos resíduos, a capacidade reciclagem destes materiais e a quebra de barreiras de uso do agregado reciclado para os fins que são previstos.

## 10. Referências

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, p. 35-36. 2019.

AKHTAR, A.; SARMAH, A. K. *Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective*. **Journal of Cleaner Production**. v.186, n. 10, p. 262 – 281, 2018.

AKSNES, D. W. *et al. Gender gaps in international research collaboration*. **Scientometrics**. v. 120, n. 02, p. 747-774, 2019.

ARULRAJAH, A. *et al. Physical properties and shear strengt responses of recycled construction and demolition materials in unbound pavement base/subbase applications*. **Counstruction and Building Materials**. v.58, p. 245 – 257, 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004**. ABNT: Rio de Janeiro. 2004. p. 71.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115:2004**. ABNT: Rio de Janeiro. 2004a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116:2004**. ABNT: Rio de Janeiro. 2004b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935:2011**. ABNT: Rio de Janeiro. 2011.

BAHRAMI, A. *et al. Development of metal-matrix composites from industrial/agricultural waste materials and their derivatives*. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. v. 46, n. 02, p. 143-207, 2016.

BAKCHAN, A.; FAUST, K. M. *Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets*. **Waste Management**. v. 87, p. 301–312, 2019.

BAKCHAN, A. *et al. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning*. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 146, p. 462-474, 2019.

BAKSHAN, A. *et al. A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects*. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 100, p. 70-80, 2015.

BAKSHAN, A. *et al.* Behavioral determinants towards enhancing construction waste. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 117, p. 274–284, 2017.

BAURU - Prefeitura Municipal de Bauru – Estado de São Paulo. **Plano Diretor**. Bauru, p. 03. 2008. Disponível em: <[https://sites.bauru.sp.gov.br/arquivos/website\\_planodiretor/website\\_planodiretor\\_cartografia.pdf](https://sites.bauru.sp.gov.br/arquivos/website_planodiretor/website_planodiretor_cartografia.pdf)>. Acesso em: 20/01/2020.

BAURU - Prefeitura Municipal de Bauru – Estado de São Paulo. **Lei 5.852/09**. Bauru, p. 32. 2009. Disponível em: <[https://sapl.bauru.sp.leg.br/consultas/norma\\_juridica/norma\\_juridica\\_mostrar\\_proc?cod\\_norma=6034](https://sapl.bauru.sp.leg.br/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_norma=6034)>. Acesso em: 08/10/2019.

BAURU – Prefeitura Municipal de Bauru – Estado de São Paulo. **Decreto 11.689/11**. Bauru, P. 32. 2011. Prefeitura Municipal de Bauru - Estado de São Paulo. Bauru, p. 32. 2011. Disponível em: <[http://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos\\_site/sec\\_meioambiente/ctr/denuncia/geradores.pdf](http://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/sec_meioambiente/ctr/denuncia/geradores.pdf)>. Acesso em: 08/10/2019.

BAURU – Prefeitura Municipal de Bauru – Estado de São Paulo. **Plano de Resíduos**. 2019. Disponível em: <[http://www2.bauru.sp.gov.br/semma/plano\\_residuos.aspx](http://www2.bauru.sp.gov.br/semma/plano_residuos.aspx)>. Acesso em 13/10/2019.

BAURU – Prefeitura Municipal de Bauru – Estado de São Paulo. **Plano Municipal Saneamento Básico**. Bauru, p. 147. 2016. Disponível em: <[http://www2.bauru.sp.gov.br/semma/plano\\_saneamento.aspx](http://www2.bauru.sp.gov.br/semma/plano_saneamento.aspx)>. Acesso em: 08/10/2019.

BENARCHID Y. *et al.* Application of Quebec recycling guidelines to assess the use feasibility of waste rocks as construction aggregates. **Resources Policy**. v. 59, p. 68-76, 2018.

BERGSDAL, H. *et al.* Projection of Construction and Demolition Waste in Norway. **Journal of Industrial Ecology**. v. 11, n. 03, p. 27-39, 2007.

BERNARDO, M. *et al.* Demolition waste generation for development of a regional management chain model. **Waste Management**. v. 49 p. 156–169, 2016.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei 6.938/81**. Brasília, p. 06. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 08/10/2019.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei 9.605/98**. Brasília, p. 15. 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9605.htm)>. Acesso em: 08/10/2019.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei 11.445/07**. Brasília, p. 20. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 08/10/2019.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 12.305/10**. Brasília, p. 21. 2010a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 08/10/2019.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto 7.404/10**. Brasília, p. 22. 2010b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)>. Acesso em: 08/10/2019.

BRASIL. Agenda 21 Local. **Ministério do Meio Ambiente**. [s.d] Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-local.html>>. Acesso em: 01/10/2019.

CHENG, J. C. P.; MA, L. Y. H. A *BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning*. **Waste Management**. v. 33 n. 06, p. 1539–1551, 2013.

COCHRAN K. *et al. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US*. **Waste Management** . v. 27, n. 07, p. 921–931, 2007.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 307/02. Brasília, p. 07. 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 01/10/2019.

CONSTRUCTION INTELLIGENCE CENTER. *Global Construction Outlook to 2022*. **GlobalData**, 2018. Disponível em: <<https://www.orbisresearch.com/reports/index/global-construction-outlook-to-2022>>. Acesso em: 27/09/2019.

DUAN, H. *et al. Construction debris becomes growing concern of growing cities*. **Waste Management**. v. 83, p. 01-05, 2018.

ESA, M. R. *et al. Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia*. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 120, p. 219–229, 2017.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **World Economic Outlook an Aupdate of the key WEO Projections**. p. 09. 2019. Disponível em: <<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2019/07/18/WEUpdateJuly2019>>. Acesso em: 01/10/2019.

GÁLVEZ-MARTOS, J. L. *et al. Construction and demolition waste best management practice in Europe*. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 136, p. 166-178, 2018.

GANGOELLELLS, M. *et al. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites*. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 93, p. 99 –111, 2014.

GARFIELD, E. *Journal impact factor: a brief review*. **CMAJ**. v. 161, n. 8, p. 979-980, 1999.

GUERRA, B. C. et al. *BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams*. **Waste Management**. v. 87, p. 825–832, 2019.

HAUER, B.; KLEIN, H. **Recycling of concrete crusher Sand in cement clinker production Lillehammer, Norway**. In: *International Conference on Sustainability in the Cement and Concrete Industry*, Noruega: 2007.

HE, H. et al. *Assessment of solid waste generation and treatment in the Australian economic system: A Closed Waste Supply-Use model*. **Waste Management**. v. 78, p. 346–355, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **IBGE**. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/bauru/panorama>>. Acesso em: 08/10/2019.

International Bank for Reconstruction and Development. **What a Waste 2.0 - A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. p. 295. 2018. Disponível em:< <http://datatopics.worldbank.org/what-a-waste>>. Acesso em: 08/10/2019.

IEA – International Energy Agency. **Global Status Report**. *Global Alliance for Building and Construction (GlobalABC)*. p. 73. 2018. Disponível em: <<https://www.globalabc.org/uploads/media/default/0001/01/0bf694744862cf96252d4a402e1255fb6b79225e.pdf>>. Acesso em: 08/10/2019.

ISLAM R., et al. *An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling*. **Waste Management**. v. 96, p. 10-21, 2019.

JAILLON, L. et al. *Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong*. **Waste Management**. v. 29, n. 01, p. 309–320, 2008.

JIN, R. et al. *Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018*. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 140, p. 175-188, 2018.

JOHN V. M.; AGOPYAN V. *Reciclagem de resíduos da construção*. São Paulo. p. 02-13. 2000. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/V\\_Agopyan/publication/228600228\\_Reciclagem\\_de\\_residuos\\_da\\_construcao/links/0046352af919c1984c000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/V_Agopyan/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao/links/0046352af919c1984c000000.pdf)>. Acesso em: 20/01/2020.

KLEEMANN, F. et al. *Using change detection data to assess amount and composition of demolition waste from building in Vienna*. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 123, p. 37–46, 2016.



KOFOWOROLA, O. F.; GHEEWALA, S. H. *Estimation of construction waste generation and management in Thailand.* **Waste Management.** v. 29, n. 02, p. 731-738, 2008.

LAGE, I. M. et al. *Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain).* **Waste Management.** v. 30, n. 04, p. 636–645, 2009.

LI, J. et al. *A model for estimating construction waste generation index.* **Resources, Conservation and Recycling.** v. 74, p. 20-26, 2013.

LI, N. et al. *Bibliometric analysis of research trends on solid waste reuse and recycling during 1992 - 2016.* **Resources, Conservation & Recycling.** v. 130, p. 109-117, 2017.

LI, Y.; ZHANG, X. *Web-based construction waste estimation system for building construction projects.* **Automation in Construction.** v. 35, p. 142-156, 2013.

LLATAS, C. *A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list.* **Waste Managemen.** v. 31, n. 06, p. 1261 – 1276, 2011.

LOCKREY S. et al. *Recycling the construction and demolition waste in Vietnam: opportunities and challenges in practice.* **Journal of Cleaner Production.** v. 133, p. 757-766, 2016.

LU, W. et al. *An empirical investigation of construction and demolition waste generation rate in Shenzhen city, South China.* **Waste Management.** v. 31, n. 04, p. 680-687, 2011.

LU, W. et al. *Benchmarking construction waste management performance using big data.* **Resources, Conservation and Recycling.** v. 105, p. 49–58, 2015.

LU, W.; YUAN, H. *Exploring critical success factors for waste management in construction projects of china.* **Resources, Conservation and Recycling.** v. 55, n. 02, p. 201–208, 2010.

LU, W. et al. *The S-curve for forecasting waste generation in construction projects.* **Waste Management.** v. 56, p. 23-34, 2016.

MAGALHÃES, R. F.; DANILEVICZ, Â. D. M. F.; SAURIN, T. A. *Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects.* **Waste Management.** v. 67, p. 265–277, 2017.

MÁLIA, M. et al. *Construction and demolition waste indicators.* **Waste Management & Research.** v. 31, n. 03, p. 241-255, 2013.

MARINKOVIC S. et al. *Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete.* **Waste Management.** v. 30, n. 11 p. 2255-2264, 2010.

MEDEIROS-JUNIOR R. A. *et al.* *Applicability of recycled aggregates in concrete piles for soil improvement.* **Waste Management & Research**. v. 35, n. 01, p. 56-64, 2017.

MEDEIROS, T. **Sistema de gestão sustentável de resíduos de construção e demolição** *In*: Seminário gestão de resíduos sólidos. Goiania: Annais do ABES, 2006.

MELO, A. B. *et al.* *Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal).* **Resources, Conservation and Recycling**. v. 55, n. 12, p. 1252– 1264, 2011.

MILOJEVIC S. *Network analysis and indicators.* *In*: DING, Y.; WOLFRAM, D.; ROUSSEAU, R. **Measuring Scholarly Impact**. Bloomington: Springer, 2014. Cap. 3, p. 57-82.

NETO, J. D. C. M.; SCHALCH, V. Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição: Estudo da Situação. **Engenharia Civil (UM)**. v. 36, p. 41-50, 2010.

OBLA, K. H. What is green concrete. **Indian Concrete Journal**. v.83, n.04, p. 26-28, 2009.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasil. 2015. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 10/02/2020.

ORTIZ, O. *et al.* *The environmental impact of the construction phase: An application to composite walls from a life cycle perspective.* **Resources, Conservation and Recycling**. v. 54, n. 11, p. 832–840, 2010.

OSSA, A. *et al.* *Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry.* **Journal of Cleaner Production**. v. 135, p. 379–386, 2016.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2008/98/CE. Estrasburgo. p. 312/30. 2008. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>>. Acesso em: 08/10/2019.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V. *Forecasting of construction and demolition waste in Brazil.* **Waste Management & Research**. v. 34, n. 08, p. 708–716, 2016.

PAZ, D. H. F. *et al.* *GIS-based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil.* **Waste Management & Research**. v. 36, n. 06, p. 541–549, 2018.

PENTEADO, C. S. G.; ROSADO, L. P. *Comparison of scenarios for the integrated management of construction and demolition waste by life cycle assessment: A case study in Brazil.* **Waste Management & Research**. v. 34, n. 10, p. 1026–1035, 2016.

PINTO, T. D. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Programa de pós graduação do departamento de Produção. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 189. 1999.

PINTO, T. P. Obra limpa. *In: Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do Sinduscon - SP*. São Paulo: I&T, 2005. p. 48.

POON, C. S. et al. *Quantifying the Impact of Construction Waste Charging scheme on construction waste management in Hong Kong*. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 139, n. 05, p. 466-479, 2013.

QUATTRONE. M. et al. *Energy and CO2 from high performance recycled aggregate production*. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 90, p. 21-33, 2014.

RANKING 2010 - Todo o Brasil. **Atlas do desenvolvimento Humano no Brasil**, 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>>. Acesso em: 22/10/2019.

REMA, R. et al. *Review on the current construction and demolition waste management framework*. **International Journal of Civil Engineering and Technology**. v. 09, n. 13, p. 1258-1263, 2018.

SÁEZ, P. V. et al. *Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain*. **Waste Management & Research**. v. 30, n. 02, p. 137–146, 2011.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de Resíduos da Construção Civil. **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: [s.n.]. 2004. p. 1-13.

SECOVI-SP – Sindicato da Habitação do Estado de São Paulo. **Apresentação do Estudo de Mercado Imobiliário Secovi de Bauru**. Bauru, p. 37. 2019. Disponível em: <<https://www.secovi.com.br/downloads/pesquisas-e-indices/estudos-do-interior/bauru/estudo-do-mercado-imobiliario-de-bauru-2019.pdf>>. Acesso em: 08/10/2019.

SEO, S.; HWANG, Y. *An Estimation of Construction and Demolition Debris in Seoul, Korea: Waste Amount, Type, and Estimating Model*. **Journal of the Air & Waste Management Association**. v.49, n. 08, p. 980-985, 2011.

SHEN, Y. et al. *Mapping Approach for Examining Waste Management on construction sites*. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 130, n. 04, p. 472-481, 2004.

SIDDIQUE, R. et al. *Recycle option for metallurgical by-product (Spent Foundry Sand) in green concrete for sustainable construction*. **Journal of Cleaner Production** v. 172, p. 1111-1120, 2018.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Painel Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2019. Disponível em: <

TAM, V. W. Y.; HAO, J. J. L. *Prefabrication as a mean of minimizing construction waste on site*. **International Journal of Construction Management**. v. 14, n. 02, p. 113-121, 2014.

TAM, V. W. Y.; TAM, C. M. *Waste reduction through incentives: A case study*. **Building Research & Information**. v. 36, n. 01, p. 37-43, 2007.

TOWNSEND, T. G. et al. *CDDPath: A method for quantifying the loss and recovery of construction and demolition debris in the United States*. **Waste Management**. v. 84, p. 302–309, 2018.

UMAR, U. A. et al. *Investigation of construction wastes generated in the Malaysian residential sector*. **Waste Management & Research**. v. 36, n. 12, p. 1157–1165, 2018.

UNITED NATIONS PUBLICATIONS. **Report of the Nations Conference on the Human Environment**. Estocolmo, p. 77. 1972. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/523249>>. Acesso em: 08/10/2019.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions**. Washington. 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions#solidwaste>>. Acesso em: 11/09/2019.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Advancing Sustainable Materials Management: 2015 Fact Sheet**. Washington, p. 23. 2018. Disponível em: <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/2015\\_smm\\_msw\\_factsheet\\_07242018\\_fnl\\_508\\_002.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/2015_smm_msw_factsheet_07242018_fnl_508_002.pdf)>. Acesso em: 11/09/2019.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. *Software survey: VOSviewer, a computer program*. **Scientometrics**. v. 84, n. 02, p. 523-538, 2009.

VRIJNDERS, J; DESMYTER, J. *Overview regarding construction and demolition waste in several countries*. **RILEM State-of-the-Art Reports**. v. 08 p. 37-173, 2013.

WU, Z. et al. *Quantifying construction and demolition waste: An analytical review*. **Waste Management**. v. 34, n. 09, p. 1683–1692, 2014.

WU, Z. et al. *An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong*. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 77, p. 128-135, 2019.

WU, Z et al. *Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China.* **Waste Management.** v. 60, p. 290–300, 2016.

YU, A. T. W. et al. *Impact of Construction Waste Disposal Charging Scheme on work practices at construction sites in Hong Kong.* **Waste Management.** v. 33, n. 01 p. 138-145, 2012.

YU, B. et al. *Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method.* **Waste Management.** v. 89, p. 01–09, 2019.

ZHANG J. et al. *Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China.* **Journal of Cleaner Production.** v. 255, n. 08, p. 120223, 2016.

## **11. Apêndices**

## 11.1 Apêndice 01 - Empresas Transportadoras

Tabela 26: Lista de Transportadores de RCD em Bauru, associados da ASTEN.

| Id | Empresa                                                       | Telefone                   | Email                                | Tipo          |
|----|---------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1  | A.L MAZIERO E CIA LTDA - ÁGIL CAÇAMBAS                        | 14 30212446                | agilcacambas@bol.com.br              | Transportador |
| 2  | PROGRESSO LOCAÇÃO DE CAÇAMBAS LTDA - BAURU CAÇAMBAS           | 14 32324040                | baurucacambas@terra.com.br           | Transportador |
| 3  | RODRIGUES & AVERSA CAÇAMBAS LTDA – ME - BAURU ENTULHOS        | 14 32364646                | aversaneto@hotmail.com               | Transportador |
| 4  | SILVANA CRISTINA VIANA KLEN - CAÇAMBAS KLEN                   | 14 32431836<br>14 96631836 | cacambasklen@gmail.com               | Transportador |
| 5  | AGUIAR E CIA TRANSPORTES E LOCAÇÃO DE MAQ. LTDA - CRISTO REI  | 14 32032455                | Aguiar.mauricio@terra.com.br         | Transportador |
| 6  | EULIX CAÇAMBAS LTDA - ME – EULIX CAÇAMBAS                     | 14 33136000<br>14 91477380 | contato@eulix.com.br                 | Transportador |
| 7  | TRANSPORTADORA BANDEIRA LTDA - FRASCARELI                     | 14 32277640                | ceramicafrascareli@bol.com.br        | Transportador |
| 8  | S.D'AQUINO RICCI-ME - GRANIPEDRAS CAÇAMBAS                    | 14 32347272                | granipedrasmarmoraria@uol.com.br     | Transportador |
| 9  | EC RIBEIRO PRE MOLDADOS ME - IRMÃOS RIBEIRO                   | 14 32342931<br>14 32021477 | contato.ecirmaosribeiro@yahoo.com.br | Transportador |
| 10 | JLN RIBEIRO – LOCAÇÕES – ME - JR CAÇAMBAS                     | 14 32234444                | jrcacamba@hotmail.com                | Transportador |
| 11 | CONSTÂNCIO E CONSTÂNCIO BAURU LTDA ME- LAVA TUDO CAÇAMBAS     | 14 32061999                | lavatudocacambas@yahoo.com.br        | Transportador |
| 12 | FILETI E CIA CAÇAMBAS LTDA ME-MF CAÇAMBAS                     | 14 32034988                | mfcacambas@hotmail.com               | Transportador |
| 13 | MRM- MENOIA TRANSPORTES ME-MRM TRANSPORTES                    | 14 32185000<br>14 96455590 | marcomeno@terra.com.br               | Transportador |
| 14 | NR CAÇAMBAS SERV. COLETA ENTULHOS LTDA - NR CAÇAMBAS          | 14 32324222                | nrcacambas@hotmail.com               | Transportador |
| 15 | PORTAL COM E EXTR DE AREIA E PEDREG. –PORTAL RAYS             | 14 32321633                | portalrays@terra.com.br              | Transportador |
| 16 | APARECIDO REGHINE EPP-REGHINE                                 | 14 32342400                | portoreghine@terra.com.br            | Transportador |
| 17 | NIDELCE REIS FERREIRA EMPRET. OBRAS. ME - ROBERTINHO LOCAÇÕES | 14 32372225                | robertoempreiteira@hotmail.com       | Transportador |
| 18 | SACA ENTULHOS LTDA-ME- SACA ENTULHOS                          | 14 32361000                | cassiaaparecida2011@bol.com.br       | Transportador |
| 19 | SILVIO CARLOS F. DE OLIVEIRA TRANSPORTES ME- STRANS LOCAÇÕES  | 14 30164325                | stransbauru@hotmail.com              | Transportador |

Fonte: Adaptado do acervo eletrônico da Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).

Continuação: Tabela 26 Lista de Transportadores de RCD em Bauru, associados da ASTEN.

| <b>Id</b> | <b>Empresa</b>                                                        | <b>Telefone</b>             | <b>Email</b>                         | <b>Tipo</b>   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 20        | ANTONIO MASSANARO FILHO - TUIM CAÇAMBAS                               | 14 32362600                 |                                      | Transportador |
| 21        | VAPT CAÇAMBAS LTDA - ME- VAPT CAÇAMBAS                                | 14 32033030                 | vaptentulhos@hotmail.com             | Transportador |
| 22        | VENCEDOR CAÇAMBAS                                                     | 14 30160844                 | elzio-munerato@hotmail.com           | Transportador |
| 23        | ISRAEL PALMA –ME - VITÓRIA CAÇAMBAS                                   | 14 30110245                 | terraplenagemvitoria@hotmail.com     | Transportador |
| 24        | ZITO ENTULHOS SC LTDA ME- ZITO ENTULHOS                               | 14 32385000                 |                                      | Transportador |
| 25        | L.W. SERVIÇOS DE COLETA DE ENTULHO LTDA ME – LEVE ENTULHO             | 14 30216655                 | lev.entulho@bol.com.br               | Transportador |
| 26        | N.C PINTO CAÇAMBAS LTDA-ME- CAÇULA CAÇAMBAS                           | 14 30188016                 | ncpnelson@hotmail.com                | Transportador |
| 27        | TBS TERRAPLENAGEM BOM SUCESSO LTADA ME                                | 14 996830328                | tbs.ribeiro@hotmail.com              | Transportador |
| 28        | P.M.OGATA & CIA SERVIÇOS DE COLETA DE ENTULHO LTDA ME- OGATA CAÇAMBAS | 14 32381100                 | ogatacacambas@gmail.com              | Transportador |
| 29        | LUZANDIRA PEREIRA DE LIRA DA SILVA - CENTER CAÇAMBAS                  | 14 32371076                 | centercacamba@hotmail.com            | Transportador |
| 30        | MAZIERO PORTO DE AREIA E TRANSPORTES LTDA – MAZIERO PORTO DE AREIA    | 14 32345646                 | mazieropa@hotmail.com                | Transportador |
| 31        | E.A MOREIRA &; W.J MOREIRA LTDA –ME – W.E TERRAPLANAGEM               | 14 32763378                 | contatow.e.terraplanagem@hotmail.com | Transportador |
| 32        | L. ALAMINO CAÇAMBAS ME - L. CAÇAMBAS                                  | 14 996117739<br>14 32083293 | lucianoalamino.@hotmail.com          | Transportador |
| 33        | R.A CERIGATTO CAÇAMBAS ME – CERIGATTO CAÇAMBAS                        | 14 32411221<br>14 991419009 | cerigattocacambas@gmail.com          | Transportador |
| 34        | JEANCARLO BASTOS MARQUES – EVEREST TERRAPLANAGEM                      | 14 996469050                | jbmpiloto@gmail.com                  | Transportador |
| 35        | LF FERRARI COMERCIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA ME                | 14 32391949<br>14 30181222  | chapadaomateriais@bol.com.br         | Transportador |
| 36        | ROSALIN CAÇAMBAS E TERRAPLANAGEM                                      | 14 998376347                | acrineri@hotmail.com                 | Transportador |

Fonte: Adaptado do acervo eletrônico da Prefeitura Municipal de Bauru (BAURU, 2019).



## 11.2 Apêndice 02 – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. (PGRCC)

Figura 41: Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>ESTADO DE SÃO PAULO</b>                                                                                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>ANEXO II DO DECRETO Nº 11.689, DE 21 DE OUTUBRO DE 2.011</b>                                                                                                                                       |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil</b><br>(informações básicas obrigatórias)                                                                                                 |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>1. Características básicas da obra</b> (finalidade, prazo de execução, áreas, pavimentos e outras descrições)                                                                                      |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>2. Materiais e componentes básicos utilizados em cada etapa</b> (preparo de canteiro, fundações, estrutura, vedações, instalações, revestimentos, cobertura etc.)                                  |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>2.1. Resíduos classe A que serão gerados</b> (descrição e quantidade estimada em m3 dos resíduos de concreto, argamassas, alvenaria, produtos cerâmicos, solo e outros)                            |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>2.2. Resíduos classe B que serão gerados</b> (descrição e quantidade estimada em m3 dos resíduos de madeira, plásticos, papéis e papelões, metais, vidros, gesso e outros)                         |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>2.3. Resíduos classe C que serão gerados</b> (descrição e quantidade estimada em m3 dos resíduos)                                                                                                  |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>2.4. Resíduos classe D que serão gerados</b> (descrição e quantidade estimada em m3 dos resíduos de tintas, solventes, óleos, instalações radiológicas ou industriais e outros resíduos perigosos) |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>3. Iniciativas para minimização dos resíduos</b> (escolha dos materiais, orientação da mão de obra e responsáveis, controles a serem adotados etc.)                                                |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>4. Iniciativas para absorção dos resíduos na própria ou em outras obras</b> (reutilização dos resíduos de demolição, reutilização nas diversas etapas etc.)                                        |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>5. Iniciativas para acondicionamento diferenciado e transporte adequado</b> (forma de organização dos resíduos das quatro classes, dispositivos empregados etc.)                                   |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| <b>6. Descrição do destino a ser dado aos resíduos não absorvidos</b>                                                                                                                                 |                                                                                                            |                                                                                                            |                                                                                                            |
| Classe A (transporte para área de triagem, área de reciclagem, aterro para reservação, aterro para regularização de área etc.)                                                                        | Classe B (transporte para área de triagem, área de reciclagem específica, aterro adequado licenciado etc.) | Classe C (transporte para área de triagem, área de reciclagem específica, aterro adequado licenciado etc.) | Classe D (transporte para área de triagem, área de reciclagem específica, aterro adequado licenciado etc.) |

Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

|                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <div style="text-align: center;"> <b>PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU</b><br/> <b>ESTADO DE SÃO PAULO</b> </div> |                                                                                                                                                                         |
| <b>7. Descrição do destino a ser dado a outros tipos de resíduos (eventuais resíduos de ambulatórios, refeitórios, administração etc.)</b>                                                      |                                                                                                                                                                         |
| <b>8. Indicação dos agentes responsáveis pelo fluxo posterior dos resíduos</b> (os agentes podem ser substituídos, a critério do gerador, por outros, legalmente habilitados)                   |                                                                                                                                                                         |
| <b>8.1. Identificação do transportador</b><br>Nome:<br>_____<br>_____<br>Cadastro:<br>_____<br>_____<br>End.:<br>_____<br>_____<br>Tel.:<br>_____<br>_____                                      | <b>8.2. Identificação da área receptora dos resíduos</b><br>Nome:<br>_____<br>_____<br>Licença:<br>_____<br>_____<br>End.:<br>_____<br>_____<br>Tel.:<br>_____<br>_____ |
| <b>8.1. Identificação do transportador</b><br>Nome:<br>_____<br>_____<br>Cadastro:<br>_____<br>_____<br>End.:<br>_____<br>_____<br>Tel.:<br>_____<br>_____                                      | <b>8.2. Identificação da área receptora dos resíduos</b><br>Nome:<br>_____<br>_____<br>Licença:<br>_____<br>_____<br>End.:<br>_____<br>_____<br>Tel.:<br>_____<br>_____ |
| Preencher quantos campos sejam necessários                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                         |

Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

Continuação: Figura 41: Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).



## **PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU**

**ESTADO DE SÃO PAULO**

### **9. Caracterização dos responsáveis**

#### **9.1. Identificação do gerador**

Nome:

\_\_\_\_\_

CPF/CNPJ:

\_\_\_\_\_

End.:

\_\_\_\_\_

Tel.:

\_\_\_\_\_

Assinatura:..... (Local).....  
(Data)...../...../.....

#### **9.2. Identificação do responsável técnico da obra**

Nome:

\_\_\_\_\_

CREA:

\_\_\_\_\_

End.:

\_\_\_\_\_

Tel.:

\_\_\_\_\_

Assinatura:..... (Local).....  
(Data)...../...../.....

Podem ser incluídas, além destas, outras informações julgadas necessárias pelos geradores.

Fonte: Adaptado do Decreto Municipal 11.689/11 (BAURU, 2011)

### 11.3 Apêndice 03 – Amostra de artigos da pesquisa

Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| Autor                                                                                               | Título do Artigo                                                                                                                          | Ano  | Tipo    | Objetivo principal                                                                                                                                                                                                        | Local                    | Classificação         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Islam R.,<br>Nazifa T.H.,<br>Yuniarto A.,<br>Shanawaz<br>Uddin A.S.M.,<br>Salmiati S.,<br>Shahid S. | <i>An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling</i>                                    | 2019 | Article | <i>This study aims to provide an approach to estimate C&amp;D waste generation using waste generation rates (WGR) through regression analysis. Furthermore, analyses the economic benefit of recycling C&amp;D waste.</i> | Bangladesh               | Quantificação         |
| Bakchan A.,<br>Faust K.M.,<br>Leite F.                                                              | <i>Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning</i> | 2019 | Article | <i>This study seeks to define Building Information Modeling (BIM) dimensions and respective conceptual interactions that shape the integration of CWM with construction management</i>                                    | Sem localização definida | Otimização/ Modelagem |
| Wu Z., Yu<br>A.T.W., Poon<br>C.S.                                                                   | <i>An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong</i>                | 2019 | Article | <i>This study presents an off-site snapshot methodology for estimating construction waste composition</i>                                                                                                                 | Hong Kong                | Quantificação         |
| Teles R.D.,<br>González<br>M.A.S., Kern<br>A.P.                                                     | <i>Waste measurement procedure for Brazilian social housing projects</i>                                                                  | 2019 | Article | <i>This study analyses the generation of building waste at construction sites of single-family social housing in southern Brazil.</i>                                                                                     | Brasil                   | Quantificação         |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                 | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                   | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>  |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Yu B., Wang J., Li J., Zhang J., Lai Y., Xu X.               | <i>Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method</i>                | 2019       | Article     | <i>This study aims to propose a hybrid trilogy method for predicting the generation of large-scale demolition waste during urban renewal based on two indicators of waste generation rate (WGR) and gross floor area (GFA)</i> | China                    | Quantificação         |
| Guerra B.C., Bakchan A., Leite F., Faust K.M.                | <i>BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams</i>       | 2019       | Article     | <i>Building Information Modeling (BIM) is used to automate CW quantification.</i>                                                                                                                                              | Sem localização definida | Otimização/ Modelagem |
| Bakchan A., Faust K.M.                                       | <i>Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets</i>       | 2019       | Article     | <i>This study seeks to quantify CW generated from a nonresidential institutional building project using CW data collected from 535 waste hauling tickets</i>                                                                   | Sem localização definida | Quantificação         |
| Townsend T.G., Ingwersen W.W., Niblick B., Jain P., Wally J. | <i>CDDPath: A method for quantifying the loss and recovery of construction and demolition debris in the United States</i> | 2019       | Article     | <i>We propose and outline a method that draws on a combination of data sources, including nationwide generation estimates, state data, industry association data, and recovery facility reports</i>                            | Estados Unidos           | Quantificação         |
| Nagalli A., De Carvalho K.Q.                                 | <i>Model for estimating construction waste generation in masonry building</i>                                             | 2019       | Article     | <i>This work describes a predictive waste generation model implemented with good results in Curitiba, Paraná, Brazil.</i>                                                                                                      | Brasil                   | Quantificação         |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                      | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                          | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>                 |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Jin R., Yuan H., Chen Q.                          | <i>Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018</i> | 2019       | Review      | <i>this study identified the most influential journals, scholars, articles, and countries that have been active and influential in the C&amp;D waste management research since 2009</i>                                                                                                                   | Internacional            | Revisão de literatura / Bibliometria |
| Vilventhan A., Ram V.G., Sugumaran S.             | <i>Value stream mapping for identification and assessment of material waste in construction: A case study</i>                                    | 2019       | Article     | <i>This article aims to estimate and assess the causes of waste generation in a high-rise building construction through a case study in Chennai city (India) using value stream mapping, a key lean construction tool.</i>                                                                                | Índia                    | Gestão / Políticas públicas          |
| Duan H., Miller T.R., Liu G., Tam V.W.Y.          | <i>Construction debris becomes growing concerns of growing cities</i>                                                                            | 2019       | Article     | <i>1 - We therefore critically reviewed the C&amp;D waste generation, management, and challenges faced by the fast expanding cities in China and other developing countries.<br/>2 - We also compared the current characteristics of key C&amp;D waste systems in developing and developed countries.</i> | China e Índia            | Revisão de literatura / Bibliometria |
| Rema R., Nalanth N., Vincent P., Janardhanan K.A. | <i>Review on the current construction and demolition waste management framework</i>                                                              | 2018       | Article     | <i>This paper reviews the literature and analyzes from the C&amp;DWM strategies in practice around the globe and the role of regulatory authorities in construction and demolition waste management.</i>                                                                                                  | Sem localização definida | Revisão de literatura / Bibliometria |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                      | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                                 | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Umar U.A.,<br>Shafiq N., Isa<br>M.H.                              | <i>Investigation of construction wastes generated in the Malaysian residential sector</i>                                                                                                               | 2018       | Article     | <i>this study proposes a quantitative construction waste estimation model for residential buildings according to available data collected from the Construction Industry Development Board, Malaysia</i>                                                                               | Malasia      | Quantificação                        |
| Gálvez-Martos J.-L., Styles D., Schoenberger H., Zeschmar-Lahl B. | <i>Construction and demolition waste best management practice in Europe</i>                                                                                                                             | 2018       | Article     | <i>this paper synthesises core principles and linked best practices for the management of construction and demolition waste across the entire construction value chain.</i>                                                                                                            | Europa       | Revisão de literatura / Bibliometria |
| Kern A.P., Amor L.V., Angulo S.C., Montelongo A.                  | <i>Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise building construction</i>                                                                                                           | 2018       | Article     | <i>This study uses a multiple regression statistical model to estimate the amount of temporary wood waste generated in the construction of high-rise buildings by considering the influencing factors related to the design/construction as well as site and safety installations.</i> | Brasil       | Quantificação                        |
| Chica-Osorio L.M., Beltrán-Montoya J.M.                           | <i>Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification [Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso]</i> | 2018       | Article     | <i>For this paper, an example of the potential reuse identification with regards to construction and demolition waste of Medellin city is presented.</i>                                                                                                                               | Medelin      | Reúso / Reciclagem                   |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                    | <b>Título do Artigo</b>                                                                               | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                             | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>                 |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Paz D.H.F.,<br>Lafayette<br>K.P.V., Sobral<br>M.C.              | <i>GIS-based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil</i> | 2018       | Article     | <i>The objective of this article was to plan a network for municipal management of construction and demolition waste in Brazil with the assistance of a geographic information system, using the city of Recife as a case study</i>   | Brasil       | Gestão / Políticas públicas          |
| Kunieda Y.,<br>Codinhoto R.                                     | <i>Basic study of 4D-CAD application to demolition impact estimation</i>                              | 2018       | Article     | <i>This research represents a significant advancement in applied computing for building demolition waste recycling and notably improves the quality of information available in the definition of building demolition strategies.</i> | nd           | Otimização/ Modelagem                |
| Corches M.T.,<br>Popa D.V.                                      | <i>Environmental management of construction and demolition waste in Romania</i>                       | 2018       | Article     | <i>This study focuses on construction and demolition waste management practice in Romania, but also on the environmental impact associated with the construction and demolition waste disposal</i>                                    | Romênia      | Gestão / Políticas públicas          |
| de Magalhães<br>R.F.,<br>Danilevitz<br>Â.D.M.F.,<br>Saurin T.A. | <i>Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects</i>                          | 2017       | Review      | <i>This study presents best practices to reduce waste in the said projects, stressing the role of decision-making in the design stage and the effective management of construction processes in public sector.</i>                    | nd           | Revisão de literatura / Bibliometria |

Fonte: Base dados Scopus.



Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                            | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                       | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>              |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Ram V.G.,<br>Kalidindi S.N.                                             | <i>Estimation of construction and demolition waste using waste generation rates in Chennai, India</i>                         | 2017       | Article     | <i>This study proposed an approach to estimate construction and demolition waste generation using waste generation rates and demonstrated it by estimating construction and demolition waste generation in Chennai city.</i>     | Índia        | Quantificação                     |
| Wu Z., Yu<br>A.T.W., Shen<br>L.                                         | <i>Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China</i> | 2017       | Article     | <i>This paper aims to investigate the determinants of the contractor's C&amp;D waste management behavior in Mainland China.</i>                                                                                                  | China        | Gestão /<br>Políticas<br>públicas |
| Bakshan A.,<br>Srouf I.,<br>Chehab G., El-<br>Fadel M.,<br>Karaziwan J. | <i>Behavioral determinants towards enhancing construction waste management: A Bayesian Network analysis</i>                   | 2017       | Article     | <i>In this study, a Bayesian Network analysis is used to define causal behavioral determinants towards improving practices in construction waste management (CWM)</i>                                                            | China        | Gestão /<br>Políticas<br>públicas |
| Lu W.,<br>Webster C.,<br>Peng Y., Chen<br>X., Zhang X.                  | <i>Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China</i>             | 2017       | Article     | <i>This paper aims to estimate the amount of C&amp;D waste at the country level.</i>                                                                                                                                             | China        | Quantificação                     |
| Esa M.R.,<br>Halog A.,<br>Rigamonti L.                                  | <i>Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia</i>                                               | 2017       | Article     | <i>This study was conducted to identify key principles and strategies in developing an integrated management of C&amp;D waste via survey questionnaire sent to government agencies, developers, consultants and contractors.</i> | Malásia      | Gestão /<br>Políticas<br>públicas |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                   | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>                 |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Song Y., Wang Y., Liu F., Zhang Y.                             | <i>Development of a hybrid model to predict construction and demolition waste: China as a case study</i>                                               | 2017       | Article     | <i>this paper presents a forecasting procedure for C&amp;DW in China that can forecast the quantity of each component in such waste.</i>                                                                                                                                               | China        | Quantificação                        |
| Kleemann F., Lehner H., Szczypińska A., Lederer J., Fellner J. | <i>Using change detection data to assess amount and composition of demolition waste from buildings in Vienna</i>                                       | 2017       | Article     | <i>This paper presents an alternative approach to validating demolition statistics (number and volume of buildings demolished) and subsequently demolition waste generation by applying change detection based on image matching to the case study of the city of Vienna, Austria.</i> | Áustria      | Quantificação                        |
| Medeiros-Junior R.A., Balestra C.E.T., Lima M.G.               | <i>Applicability of recycled aggregates in concrete piles for soft soil improvement</i>                                                                | 2017       | Article     | <i>This article explored the possibility of using recycled aggregates from construction waste to replace the natural aggregates in order to improve the bearing capacity of the soft soil, regarding its compressive strength.</i>                                                     | Brasil       | Reúso / Reciclagem                   |
| Arshad H., Qasim M., Thaheem M.J., Gabriel H.F.                | <i>Quantification of material wastage in construction industry of Pakistan: An analytical relationship between building types and waste generation</i> | 2017       | Article     | <i>this research quantifies the material wastage and its causes in different types of building projects.</i>                                                                                                                                                                           | Paquistão    | Quantificação                        |
| Paulo E.E.O., Coelho J.M.                                      | <i>Solid waste management in construction [Gestão de resíduos sólidos na construção civil]</i>                                                         | 2017       | Article     | <i>this article aims to present the major emitters and solid waste construction generators, as well as present solutions and methods for sustainable management of such waste.</i>                                                                                                     | Brasil       | Revisão de literatura / Bibliometria |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                                         | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                            | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Ajayi S.O.,<br>Oyedele L.O.,<br>Bilal M.,<br>Akinade O.O.,<br>Alaka H.A.,<br>Owolabi H.A.            | <i>Critical management practices influencing on-site waste minimization in construction projects</i>                                                                                               | 2017       | Article     | <i>this study seeks to identify the key site management practices that are requisite for construction waste minimization</i>                                                                                                                                                                                                          | Sem localização definida | Quantificação               |
| Noor R.N.H.R.M.,<br>Rahmat S.A.,<br>Endut I.R.,<br>Redzuan A.R.M.,<br>Hassan A.C.,<br>Jamaludin A.H. | <i>Quantification of construction waste generated in residential housing projects via heap survey sampling with the method of visual estimation: A case study in Klang Valley and Pulau Pinang</i> | 2017       | Article     | <i>this study useful information concerning waste assessment data is necessary to achieve a better understanding of construction waste obtained.</i>                                                                                                                                                                                  | Malásia                  | Quantificação               |
| Hung F.C.,<br>Kamaludin N.S.                                                                         | <i>Professionals' views on material wastage level and causes of construction waste generation in Malaysia</i>                                                                                      | 2017       | Article     | <i>the present study attempts to establish a list of percentage wastage level for commonly used building materials in the Malaysian construction industry.</i>                                                                                                                                                                        | Malásia                  | Gestão / Políticas públicas |
| Abarca-Guerrero L.,<br>Leandro-Hernandez A.G.                                                        | <i>Material management practices for construction waste reduction</i>                                                                                                                              | 2017       | Article     | <i>This paper presents the results of a research that has been done with the objective to determine the types of hazardous and non-hazardous waste that are produced during the procurement of an edifice as well as the best general practices used by innovative construction companies to reduce the amount of waste produced.</i> | Costa Rica               | Quantificação               |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                   | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                  | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Mah C.M.,<br>Fujiwara T.,<br>Ho C.S.           | <i>Construction and demolition waste generation rates for high-rise buildings in Malaysia</i>                                                                            | 2016       | Article     | <i>This study offers a theoretical method for estimating the construction and demolition project waste generation rate by utilising available data, including waste disposal truck size and number, and waste volume and composition.</i> | Malásia      | Quantificação               |
| Lu W., Peng Y., Chen X., Skitmore M., Zhang X. | <i>The S-curve for forecasting waste generation in construction projects</i>                                                                                             | 2016       | Article     | <i>This paper develops and tests an S-curve model to indicate accumulative waste generation as a project progresses.</i>                                                                                                                  | Hong Kong    | Quantificação               |
| Paz D.H.F.,<br>Lafayette K.P.V.                | <i>Forecasting of construction and demolition waste in Brazil</i>                                                                                                        | 2016       | Article     | <i>this article is to develop a computerised tool (software) that facilitates the analysis of strategies for waste management on construction sites through the use of indicators of construction and demolition waste generation</i>     | Brasil       | Quantificação               |
| Maciel T.,<br>Stumpf M.,<br>Kern A.            | <i>Management system proposal for planning and controlling construction waste</i><br>[Propuesta de un sistema de planificación y control de residuos en la construcción] | 2016       | Article     | <i>The objective of this paper is to present a proposal for a management system to plan and control construction waste in small and medium sized construction firms.</i>                                                                  | Brasil       | Gestão / Políticas públicas |
| Ding Z., Yi G.,<br>Tam V.W.Y.,<br>Huang T.     | <i>A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China</i>                                                  | 2016       | Article     | <i>This paper develops a system dynamic model of construction waste reduction management at the construction phase to simulate the environmental benefits of construction waste</i>                                                       | China        | Otimização/ Modelagem       |

|  |  |  |  |                       |  |  |
|--|--|--|--|-----------------------|--|--|
|  |  |  |  | reduction management. |  |  |
|--|--|--|--|-----------------------|--|--|

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                               | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                            | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Aldana J.C.,<br>Serpell A.                                 | <i>Methodology for the preparation of construction project waste management plans based on innovation and productive thinking processes: A case study in Chile</i> | 2016       | Article     | <i>This article describes a methodology to create a construction and demolition waste management plan (C and DWMP) based on processes of innovation and productive thinking. The plan, implemented in a construction project, aims to include strategies that not only classify and manage C and DW, but also avoid its production and disposal in landfills.</i> | Chile                    | Quantificação               |
| Yusuf N.,<br>Kamaruddeen A.M.,<br>Bahaudin A.Y.            | <i>Moderating effect of government policy on the relationship between organizational structure and construction waste management</i>                               | 2016       | Article     | <i>This paper is an empirical assessment that aims to examine the effect of government policy on the relationship between organizational structure and construction waste management among construction organizations in Nigeria</i>                                                                                                                              | Nigéria                  | Gestão / Políticas públicas |
| Bernardo M.,<br>Gomes M.C.,<br>de Brito J.                 | <i>Demolition waste generation for development of a regional management chain model</i>                                                                            | 2016       | Article     | <i>This paper proposes one such method, which makes use of data collected from real demolition works and statistical information on the geographical area under study.</i>                                                                                                                                                                                        | Portugal                 | Quantificação               |
| Amin S.K.,<br>Sibak H.A., El-Sherbiny S.A.,<br>Abadir M.F. | <i>An overview of ceramic wastes management in construction</i>                                                                                                    | 2016       | Article     | <i>This article represents a comprehensive review of available literature on the construction materials including different</i>                                                                                                                                                                                                                                   | Sem localização definida | Quantificação               |

|  |  |  |  |                          |  |  |
|--|--|--|--|--------------------------|--|--|
|  |  |  |  | kinds of ceramic wastes. |  |  |
|--|--|--|--|--------------------------|--|--|

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                                     | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Li Y., Zhang X., Ding G., Feng Z.                                                                | <i>Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects</i>                                                                                                      | 2016       | Article     | <i>This paper proposes a quantitative construction waste estimation model for building construction projects, which can enhance the accuracy in the estimation of construction waste at the project level.</i> | Sem localização definida | Quantificação        |
| Paschoalin Filho J.A., Duarte E.B.L., de Faria A.C.                                              | <i>Waste generation and management in a construction work of commercial building in São Paulo [Geração e manejo dos resíduos de construção civil nas obras de edifício comercial na cidade de São Paulo]</i> | 2016       | Article     | <i>This research aims to present economic indicators achieved by the management of construction waste during construction of a building located in São Paulo.</i>                                              | Brasil                   | Quantificação        |
| Rodríguez-Robles D., García-González J., Juan-Valdés A., Morán-Del Pozo J.M., Guerra-Romero M.I. | <i>Overview regarding construction and demolition waste in Spain</i>                                                                                                                                         | 2015       | Article     | <i>This paper analyse the Spanish situation regarding construction and demolition waste (CDW) compared with other European Union countries</i>                                                                 | Espanha                  | Quantificação        |
| Lu W., Chen X., Peng Y., Shen L.                                                                 | <i>Benchmarking construction waste management performance using big data</i>                                                                                                                                 | 2015       | Article     | <i>This study develops a set of more reliable KPIs/WGRs using an available big dataset on CWM in Hong Kong.</i>                                                                                                | Hong Kong                | Quantificação        |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                             | <b>Título do Artigo</b>                                                                                           | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>        |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Mendis D.,<br>Hewage K.N.,<br>Wrzesniewski J.            | <i>Contractual obligations analysis for construction waste management in Canada</i>                               | 2015       | Article     | <i>This paper (1) analyses expert opinions on pre-identified contractual clauses; and (2) introduces recommendations to minimize rework and waste in construction projects. It was found that the clauses related to quality, workmanship, and field quality control/inspection have the most potential to generate construction waste.</i> | Canadá                   | Quantificação               |
| Nomohanran O.                                            | <i>Assessment of site suitability for landfill construction in Gbekele, Nigeria</i>                               | 2015       | Article     | <i>this study seeks to evaluate the suitability of the study location for the siting of a landfill with negligible impact on the environment and the people of the area.</i>                                                                                                                                                                | Nigéria                  | Gestão / Políticas públicas |
| Udawatta N.,<br>Zuo J.,<br>Chiveralls K.,<br>Zillante G. | <i>Improving waste management in construction projects: An Australian study</i>                                   | 2015       | Article     | <i>his research aims to determine effective approaches to eliminate and/or minimise waste generation in construction projects</i>                                                                                                                                                                                                           | Austrália                | Quantificação               |
| Bakshan A.,<br>Srour I.,<br>Chehab G., El-Fadel M.       | <i>A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects</i> | 2015       | Article     | <i>In this study, a methodology for quantifying waste streams arising at various construction stages is proposed.</i>                                                                                                                                                                                                                       | Sem localização definida | Quantificação               |
| Wu Z., Fan H.,<br>Liu G.                                 | <i>Forecasting Construction and Demolition Waste Using Gene</i>                                                   | 2015       | Article     | <i>To effectively tackle the CDW forecasting problem, a novel computer-based prediction model, gene expression</i>                                                                                                                                                                                                                          | Internacional            | Quantificação               |

|  |                               |  |  |                                                                                                                                                                                 |  |  |
|--|-------------------------------|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | <i>Expression Programming</i> |  |  | <i>programming (GEP), is introduced and tested. With the CDW and other data on predictor variables from the last two decades, the amount of CDW is forecasted in this study</i> |  |  |
|--|-------------------------------|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                  | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                     | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Parisi Kern A.,<br>Ferreira Dias M., Piva<br>Kulakowski M., Paulo<br>Gomes L. | <i>Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression</i> | 2015       | Article     | <i>This paper proposes a statistical model to determine the amount of waste generated in the construction of high-rise buildings by assessing the influence of design process and production system, often mentioned as the major culprits behind the generation of waste in construction.</i> | Sem localização definida | Quantificação            |
| Seneviratne K.,<br>Rameezdeen R.,<br>Amaratunga D.                            | <i>Contractor capacity and waste generation: An empirical investigation</i>                                                 | 2015       | Article     | <i>This paper aims to test the hypothesis that an inverse relationship exists between the capacity of a contractor and the amount of waste generated in a construction site.</i>                                                                                                               | Siri lanka               | Quantificação            |
| Yuan H.,<br>Wang J.                                                           | <i>A system dynamics model for determining the waste disposal charging fee in construction</i>                              | 2014       | Article     | <i>This study aims at addressing this research gap through developing a system dynamics based model to determine an appropriate WDCF in the construction sector</i>                                                                                                                            | China                    | Otimização/<br>Modelagem |
| Tam V.W.Y.,<br>Hao J.J.L.                                                     | <i>Prefabrication as a mean of minimizing construction waste on site</i>                                                    | 2014       | Article     | <i>This paper aims to (i) reveal the status of construction waste, (ii) investigate the effectiveness of prefabrication in terms of waste reduction in replacing the traditional on-site production, (iii) examine the factors that help minimizing</i>                                        | Hong Kong                | Quantificação            |



|  |  |  |  |                                                                                                                                                                                   |  |  |
|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  |  |  | construction waste by the adopting prefabrication and (iv) explore the areas of waste reduction after adoption of prefabrication in comparison to traditional on-site production. |  |  |
|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                     | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                                                                   | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>        |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Solís-Guzmán J., Marrero M., Guisado García D.                   | <i>Model for the quantification and budgeting of the construction and demolition waste. Application to roads [Modelo de cuantificación y presupuestación en la gestión de residuos de construcción y demolición. Aplicación a viales]</i> | 2014       | Article     | <i>This paper establishes a simplified procedure, already tested in building construction, in order to properly manage the waste and to meet the current legislation.</i>                                                  | Espanha                  | Gestão / Políticas públicas |
| Wu Z., Yu A.T.W., Shen L., Liu G.                                | <i>Quantifying construction and demolition waste: An analytical review</i>                                                                                                                                                                | 2014       | Article     | <i>An integrated review that systemically describes and analyses all the existing methods has yet to be conducted.</i>                                                                                                     | Internacional            | Quantificação               |
| Gangoellis M., Casals M., Forcada N., Macarulla M.               | <i>Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites</i>                                                                                                                          | 2014       | Article     | <i>In this paper, the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites is analyzed, using data from a survey answered by 74 Spanish construction companies based in Catalonia</i> | Espanha                  | Gestão / Políticas públicas |
| Sáez P.V., Del Río Merino M., Porras-Amores C., González A.S.-A. | <i>Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works</i>                                                                                                                         | 2014       | Article     | <i>This paper presents the evolution of CDW flow generation in the construction of new residential buildings, and has identified that the construction</i>                                                                 | Sem localização definida | Quantificação               |

|                               |                                                                       |      |         |                                                                                                                                             |         |               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|
|                               |                                                                       |      |         | <i>activity is increasing the waste generation</i>                                                                                          |         |               |
| Mahayuddin S.A., Pereira J.J. | <i>Generation and management of waste in residential construction</i> | 2014 | Article | <i>The generation and characterisation of construction waste has to be identified together with the current waste management practiced.</i> | Malásia | Quantificação |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                  | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Local</b>        | <b>Classificação</b>        |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| González Pericot N., Villoria Sáez P., Del Río Merino M., Liébana Carrasco O. | <i>Production patterns of packaging waste categories generated at typical Mediterranean residential building worksites</i>                                                                                                                      | 2014       | Article     | <i>This article focuses on the packaging waste stream generated in the construction sector.</i>                                                                                                                                                             | Região Mediterrânea | Otimização/ Modelagem       |
| Tam V.W., Li J., Cai H.                                                       | <i>System dynamic modeling on construction waste management in Shenzhen, China</i>                                                                                                                                                              | 2014       | Article     | <i>This article examines the complexity of construction waste management in Shenzhen, Mainland China. In-depth analysis of waste generation, transportation, recycling, landfill and illegal dumping of various inherent management phases is explored.</i> | China               | Gestão / Políticas públicas |
| Scherrer A., da Silva J.L.G., de Brito L.A.P.F.                               | <i>Study of the influence of growth of construction on disposal of solid waste: A case study in the municipality of Caraguatatuba [Estudo da influencia do crescimento da construção civil na deposição de resíduos sólidos: Estudo de caso</i> | 2014       | Article     | <i>The objective of this paper is to present the influence of the growth of the construction industry in the generation and disposal of solid waste in the City of Caraguatatuba between the years 2004 and 2012.</i>                                       | Brasil              | Gestão / Políticas públicas |

|                |                                                                                                                                                   |      |         |                                                                                                                                                                                                                               |                          |                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                | <i>no município de Caraguatatuba]</i>                                                                                                             |      |         |                                                                                                                                                                                                                               |                          |                       |
| Li M., Yang J. | <i>Analysis of interrelationships between critical waste factors in office building retrofit projects using interpretive structural modelling</i> | 2014 | Article | <i>This research further investigates the interrelationships among these critical waste factors, identifies each factor's level of influence on waste generation and proposes effective solutions for waste minimization.</i> | Sem localização definida | Otimização/ Modelagem |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                           | <b>Título do Artigo</b>                                                                                           | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Local</b>             | <b>Classificação</b>        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Nagalli A.,<br>Lopes F.P.,<br>Pereira P.M.,<br>Hamaya R.M.,<br>Dos Santos<br>Izzo R.L. | <i>Analysis of wood waste contamination used in construction sites</i>                                            | 2013       | Article     | <i>In order to investigate if the contamination of wood waste in construction sites could represent an environmental risk, field surveys observing qualitative and quantitative aspects were conducted</i>                                                                                   | Brasil                   | Gestão / Políticas públicas |
| Mendis D.,<br>Hewage K.N.,<br>Wrzesniewski J.                                          | <i>Reduction of construction wastes by improving construction contract management: A multinational evaluation</i> | 2013       | Article     | <i>The objectives of this study are (1) to analyse standard contractual documents in Canada, the USA and Australia in terms of their potential to generate rework and waste, and (2) to propose changes/amendments to the existing standard contract documents to minimise/avoid rework.</i> | Canada                   | Quantificação               |
| Mariano L.S.,<br>Da Costa<br>M.D.R.D.M.M.,<br>Braga M.C.B.                             | <i>A feasibility study of recycling of construction and demolition waste</i>                                      | 2013       | Article     | <i>The main goal of this research was to manage on site construction and demolition waste and</i>                                                                                                                                                                                            | Sem localização definida | Reúso / Reciclagem          |

|         |                                                                                                                                 |      |         |                                                                                                               |       |               |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|
|         | <i>for structural purposes</i>                                                                                                  |      |         | <i>generate concrete for structural purposes by processing concrete and mortar wastes.</i>                    |       |               |
| Yuan H. | <i>Critical management measures contributing to construction waste management: Evidence from construction projects in China</i> | 2013 | Article | <i>this study investigates critical measures for the effective management of construction waste in China.</i> | China | Quantificação |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                | <b>Título do Artigo</b>                                                                                           | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>              |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Cheng J.C.P.,<br>Ma L.Y.H.                  | <i>A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning</i>                             | 2013       | Article     | <i>This paper presents a building information modeling (BIM) based system that we have developed for estimation and planning of D&amp;R waste. BIM allows multi-disciplinary information to be superimposed within one digital building model.</i> | China        | Otimização/<br>Modelagem          |
| Poon C.S., Yu<br>A.T.W., Wong<br>A., Yip R. | <i>Quantifying the impact of construction waste charging scheme on construction waste management in Hong Kong</i> | 2013       | Article     | <i>This paper presents the results of a study to explore the perceptions of the Hong Kong construction participants toward the CWDCS after three years of implementation.</i>                                                                      | Hong Kong    | Gestão /<br>Políticas<br>públicas |
| Li J., Ding Z.,<br>Mi X., Wang J.           | <i>A model for estimating construction waste generation index for building project in China</i>                   | 2013       | Article     | <i>This paper presents a model for quantifying waste generation per gross floor area (WGA) based on mass balance principle for building construction in China.</i>                                                                                 | China        | Quantificação                     |

|                                                   |                                                                                                                   |      |         |                                                                                                                                                                           |                          |                       |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Mália M., De Brito J., Pinheiro M.D., Bravo M.    | <i>Construction and demolition waste indicators</i>                                                               | 2013 | Article | <i>The main objective of the present study was to determine indicators to estimate the amount of CDW generated on site both globally and by waste stream.</i>             | Sem localização definida | Quantificação         |
| Yu A.T.W., Poon C.S., Wong A., Yip R., Jaillon L. | <i>Impact of Construction Waste Disposal Charging Scheme on work practices at construction sites in Hong Kong</i> | 2013 | Article | <i>In order to provide information on the changes in reducing waste generation practice among construction participants in various work trades, a study was conducted</i> | Hong Kong                | Otimização/ Modelagem |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                 | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                             | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                            | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>                 |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Asmawati C.H., Ahmad Ruslan M.R., Zulkiflee Y., Husna M.N.N. | <i>A review on materials waste quantification and management in construction activities</i>                                                                         | 2013       | Article     | <i>This paper reviews the critical issues on construction waste management and also discusses several estimation models on construction waste generation from several countries.</i>                                                                 | Malásia      | Revisão de literatura / Bibliometria |
| Adedeji Y.M.D., Taiwo A.A., Fadairo G., Olotuah O.A.         | <i>Promoting sustainable waste minimisation in the built environment: A case study of urban housing in Akure, Nigeria</i>                                           | 2013       | Article     | <i>This is the focus of this paper. It appraises the management of construction waste in Nigeria and Akure in particular.</i>                                                                                                                        | Nigéria      | Quantificação                        |
| Lachimpadi S.K., Pereira J.J., Taha M.R., Mokhtar M.         | <i>Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study</i> | 2012       | Article     | <i>This research paper focuses on the construction waste generated from the construction of high rise buildings using 3 construction methods; Conventional Construction (Category I), the Mixed System (Category II) and Industrialised Building</i> | Malásia      | Quantificação                        |

|                                                                                           |                                                                                                             |      |         |                                                                                                                         |                          |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                           |                                                                                                             |      |         | <i>System (IBS, Category III).</i>                                                                                      |                          |                                      |
| Masudi A.F.,<br>Che Hassan<br>C.R.,<br>Mahmood<br>N.Z., Mokhtar<br>S.N.,<br>Sulaiman N.M. | <i>Waste quantification models for estimation of construction and demolition waste generation: A review</i> | 2012 | Review  | <i>This paper presents a review on quantification models for C&amp;D waste from literatures and how they correlate.</i> | Sem localização definida | Revisão de literatura / Bibliometria |
| Nagalli A.                                                                                | <i>Quantitative method for estimating construction waste generation</i>                                     | 2012 | Article | <i>present study is to present a quantitative method for estimating construction waste.</i>                             | Brasil                   | Quantificação                        |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                              | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                                                                                                                             | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>        |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Arif M., Bendi<br>D., Toma-<br>Sabbagh T.,<br>Sutrisna M. | <i>Construction waste management in India: An exploratory study</i>                                                                                                                                                                 | 2012       | Article     | <i>The purpose of this paper is to provide important insights and highlight some issues related to the implementation of effective waste management practices on construction sites in India.</i>                                                                                                                     | Índia        | Gestão / Políticas públicas |
| Carmo D.S.,<br>Maia N.S.,<br>César C.G.                   | <i>Evaluation of the typology of construction waste delivered to processing plants in Belo Horizonte, Brazil [Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte]</i> | 2012       | Article     | <i>this article was to expose the current state of affairs regarding the generation of waste in Belo Horizonte so as to present the main characteristics of construction civil waste (CCW) involving their typology, origin, predominance in their composition, as well as data about the construction sites that</i> | Brasil       | Quantificação               |

|                                                                     |                                                                                                                                                                    |      |         |                                                                                                                                                                                                                       |         |                             |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------|
|                                                                     |                                                                                                                                                                    |      |         | <i>generated them, their construction pattern and type of building.</i>                                                                                                                                               |         |                             |
| Dosal E.,<br>Coronado M.,<br>Muñoz I.,<br>Viguri J.R.,<br>Andrés A. | <i>Application of Multi-Criteria decision-making tool to locate construction and demolition waste (C&amp;DW) recycling facilities in a northern Spanish region</i> | 2012 | Article | <i>In this work, a methodology based in Multicriteria Analysis with the aim of locating C&amp;DW recycling facilities has been developed and applied to a real-life case in Cantabria, a northern Spanish region.</i> | Espanha | Gestão / Políticas públicas |
| Villoria Sáez P., Del Río Merino M.,<br>Porras-Amores C.            | <i>Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain</i>                                                     | 2012 | Article | <i>The aim of this research work is to improve existing C&amp;D waste quantification tools in the construction of new residential buildings in Spain.</i>                                                             | Espanha | Quantificação               |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                                                | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                      | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                                 | <b>Local</b> | <b>Classificação</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Al-Sari M.I.,<br>Al-Khatib I.A.,<br>Avraamides M., Fatta-Kassinos D.        | <i>A study on the attitudes and behavioural influence of construction waste management in occupied Palestinian territory</i> | 2012       | Article     | <i>This paper quantifies construction waste generation and examines how the local contractors' waste management attitudes and behaviour are influenced.</i>                                               | Palestina    | Quantificação        |
| Sáez P.V., del Río Merino M.,<br>Amores C.P.,<br>de San Antonio González A. | <i>European legislation and implementation measures in the management of construction and demolition waste</i>               | 2011       | Article     | <i>This article gives an overview of the amount of C&amp;D waste generated in European countries, as well as the amount of this waste that is being recycled and the different measures that European</i> | Europa       | Reúso / Reciclagem   |

|                                            |                                                                                                                    |      |         |                                                                                                                                                                                              |                          |               |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|
|                                            |                                                                                                                    |      |         | <i>countries have applied to solve this situation</i>                                                                                                                                        |                          |               |
| Del Río Merino M., Navarro J.G., Sáez P.V. | <i>Legal aspects which implement good practice measures in the management of construction and demolition waste</i> | 2011 | Article | <i>The main objective of the work presented in this paper is to enhance C&amp;D waste management systems through the development of preventive measures during the construction process.</i> | Sem localização definida | Quantificação |
| De Melo A.B., Gonçalves A.F., Martins I.M. | <i>Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal)</i>                            | 2011 | Article | <i>This paper presents part of a study on CDW generation and management in the Lisbon Metropolitan Area (LMA)</i>                                                                            | Portugal                 | Quantificação |
| Coelho A., De Brito J.                     | <i>Generation of construction and demolition waste in Portugal</i>                                                 | 2011 | Article | <i>One methodology is presented to quantify the present generation, and another to extrapolate this generation over the next few years, up to 2020.</i>                                      | Portugal                 | Quantificação |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                      | <b>Título do Artigo</b>                                                                                               | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                          | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>        |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Lu W., Yuan H., Li J., Hao J.J.L., Mi X., Ding Z. | <i>An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China</i> | 2011       | Article     | <i>The present study investigated WGRs by conducting on-site waste sorting and weighing in four ongoing construction projects in Shenzhen city of South China.</i> | China        | Quantificação               |
| Yuan H., Shen L., Wang J.                         | <i>Major obstacles to improving the performance of waste management in China's construction industry</i>              | 2011       | Article     | <i>this paper aims to explore the major obstacles to managing construction and demolition waste in China.</i>                                                      | China        | Gestão / Políticas públicas |



|                                                                                                                                |                                                                                                                                  |      |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Cochran K.M.,<br>Townsend<br>T.G.                                                                                              | <i>Estimating<br/>construction and<br/>demolition debris<br/>generation using<br/>a materials flow<br/>analysis<br/>approach</i> | 2010 | Article | <i>This paper presents<br/>an evaluation of a<br/>materials flow analysis<br/>(MFA) approach for<br/>estimating C&amp;D<br/>debris generation and<br/>composition for a<br/>large region (the US).</i>                                                                                                  | EUA                            | Quantificação            |
| Wimalasena<br>B.A.D.S.,<br>Madanayake<br>H.L.S.P.,<br>Weerasinghe<br>I.P.T.R.,<br>Ruwanpura<br>J.Y.,<br>Hettiaratchi<br>J.P.A. | <i>Recycling as a<br/>construction<br/>waste<br/>management<br/>technique</i>                                                    | 2010 | Article | <i>This paper documents<br/>the findings of a study<br/>carried out to<br/>investigate the<br/>economic viability of<br/>recycling construction<br/>waste.</i>                                                                                                                                          | Alberta                        | Quantificação            |
| Del Río<br>Merino M.,<br>Gracia P.I.,<br>Azevedo<br>I.S.W.                                                                     | <i>Sustainable<br/>construction:<br/>Construction and<br/>demolition waste<br/>reconsidered</i>                                  | 2010 | Review  | <i>This article (a)<br/>summarizes the<br/>different applications<br/>that are presently<br/>practiced to optimize<br/>the recovery and/or<br/>application of C&amp;DW<br/>for reuse, and (b)<br/>proposes various<br/>measures and<br/>strategies to improve<br/>the processing of this<br/>waste.</i> | Sem<br>localização<br>definida | Otimização/<br>Modelagem |

Fonte: Base dados Scopus.

Continuação: Tabela 27: Amostra dos artigos pesquisados na base de dados SCOPUS.

| <b>Autor</b>                                | <b>Título do Artigo</b>                                                                                                       | <b>Ano</b> | <b>Tipo</b> | <b>Objetivo principal</b>                                                                                                                                                                               | <b>Local</b> | <b>Classificação</b>     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Begum R.A.,<br>Satari S.K.,<br>Pereira J.J. | <i>Waste<br/>generation and<br/>recycling:<br/>Comparison of<br/>conventional and<br/>industrialized<br/>building systems</i> | 2010       | Article     | <i>This study also<br/>highlighted a<br/>comparative study of<br/>material wastage and<br/>recycling based on<br/>two project sites e.g.,<br/>conventional and<br/>prefabrication<br/>construction.</i> | Malásia      | Reúso /<br>Reciclagem    |
| Ilozor B.D.                                 | <i>Differential<br/>management of<br/>waste by<br/>construction<br/>sectors: A case</i>                                       | 2009       | Article     | <i>The purpose of this<br/>investigation is to<br/>ascertain key sources<br/>of waste, and whether<br/>generation varies with</i>                                                                       | Michigan     | Otimização/<br>Modelagem |

|                                          |                                                                                                                                                           |      |         |                                                                                                                                                                |           |                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
|                                          | <i>study in Michigan, USA</i>                                                                                                                             |      |         | <i>the type and size of the constructors.</i>                                                                                                                  |           |                    |
| Kofoworola O.F.,<br>Gheewala S.H.        | <i>Estimation of construction waste generation and management in Thailand</i>                                                                             | 2009 | Article | <i>This study examines construction waste generation and management in Thailand.</i>                                                                           | Tailândia | Quantificação      |
| Jaillon L.,<br>Poon C.S.,<br>Chiang Y.H. | <i>Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong</i>                                            | 2009 | Article | <i>This paper reports an ongoing study on the use of prefabrication in buildings and its impact on waste reduction in Hong Kong</i>                            | Hong Kong | Quantificação      |
| Shen L.-y.,<br>Tam V.W.-y.,<br>Li C.-y.  | <i>Benefit analysis on replacing in situ concreting with precast slabs for temporary construction works in pursuing sustainable construction practice</i> | 2009 | Article | <i>This paper shows the betterment of replacing in situ concreting with precast slabs for temporary works to improve sustainable construction performance.</i> | Hong Kong | Reúso / Reciclagem |

Fonte: Base dados Scopus.

## 11.4 Apêndice 04 – Disciplinas Cursadas

Tabela 27: Disciplinas cursadas no programa de pós-graduação da Engenharia de Produção

| Disciplinas Cursadas                                          | Calendário<br>Sem / Ano | Conceito | Créditos | Professor                                                                             |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologia Científica                                        | 2º / 2018               | B        | 8        | Dr. Charbel José Chiappetta Jabbour<br>Dr. Daniel Jugend<br>Dr. Enzo Barberio Mariano |
| Desenvolvimento Humano: Aspectos Quantitativos e Qualitativos | 1º / 2018               | B        | 8        | Dr. Enzo Barberio Mariano                                                             |
| Produção Limpa: Materiais Tradicionais e Alternativos         | 2º / 2017               | A        | 8        | Dra. Rosane Aparecida Gomes Battistelle                                               |
| Redes de Inovação                                             | 2º / 2017               | A        | 8        | Dr. José Alcides Gobbo Junior                                                         |
| Gestão de Cadeias de Fornecimento                             | 2º / 2016               | C        | 8        | Dr. José Alcides Gobbo Junior                                                         |
| Teoria das Restrições na Gestão de Operações                  | 1º / 2014               | B        | 8        | Dr. Fernando Bernardi de Souza                                                        |
| Gestão de Sistemas Produtivos: Fundamentos e Tendências       | 1º / 2013               | B        | 8        | Dra. Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour                                               |

## 11.5 Apêndice 05 – Produção Acadêmica

Tabela 28: Artigos submetidos e publicados.

| Artigo Submetido para Publicação                                                                                                                                                                                                          | Periódico                                                                                                           | Ano                                                                                                                                                                 | Autores                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Circular Economy applied to building construction. Beyond the waste</i>                                                                                                                                                                | Civil Engineering and Environmental Systems,<br><br>JCR: 1.394.<br><br><i>Manuscript ID: GCEE-2020-0052, 2020).</i> | 2020                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernanda Camila Martinez Delgado</li> <li>• Barbara Stolte Bezerra</li> <li>• Rosane Rocha</li> <li>• Rosane Aparecida Gomes Battistelle</li> <li>• Celso Henrique Lamonica</li> </ul> |
| Publicação em Periódico                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                     | Autores                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                 |
| LAMONICA <i>et al.</i> Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Um estudo bibliométrico na base Scopus e <i>Web of Science</i> (2009 – 2019). <b>Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades</b> . v. 07, n. 51, p. 13-27, 2019. |                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celso Henrique Lamônica</li> <li>• Maximiliano dos Anjos Azambuja</li> <li>• Rosane Aparecida Gomes Battistelle</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Artigos                                                                                                                                                                                                                                   | Congressos                                                                                                          | Ano                                                                                                                                                                 | Autores                                                                                                                                                                                                                         |
| Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Um estudo bibliométrico na base Scopus e Web of Science (2009 – 2019)                                                                                                                    | III SIBOGU (Simpósio Brasileiro Online de Gestão Urbana                                                             | 2019                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celso Henrique Lamônica</li> <li>• Maximiliano dos Anjos Azambuja</li> <li>• Rosane Aparecida Gomes Battistelle</li> </ul>                                                             |
| Boas práticas de economia circular na construção civil – o que sabemos e para onde estamos indo – publicado no Congresso de Sustentabilidade em Projetos.                                                                                 | ENSUS - Congresso de Sustentabilidade em Projetos.                                                                  | 2019                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernanda Camila Martinez Delgado</li> <li>• Barbara Stolte Bezerra</li> <li>• Rosane Rocha</li> <li>• Rosane Aparecida Gomes Battistelle</li> <li>• Celso Henrique Lamonica</li> </ul> |
| Os desafios da Construção Civil Sob o Olhar da Sustentabilidade.                                                                                                                                                                          | SIMPEP – XXV Simpósio de Engenharia de Produção.                                                                    | 2018                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rosane Rocha</li> <li>• Rosane Aparecida Gomes Battistelle</li> <li>• Celso Henrique Lamonica</li> </ul>                                                                               |
| Nível de maturidade em gestão de projetos: Estudos de caso de uma grande empresa de geração de energia do Brasil.                                                                                                                         | SIMPEP - XXI Simpósio de Engenharia de Produção.                                                                    | 2014                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Murilo Roberto Jesus Maganha.</li> <li>• José de Souza Rodrigues.</li> <li>• Celso Henrique Lamonica.</li> </ul>                                                                       |
| Apresentações e Posters                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                     | Congresso                                                                                                                                                           | Ano                                                                                                                                                                                                                             |
| Produção Mais Limpa, Modelo de Gestão Ambiental.                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                     | XIV Semana de Tecnologia da Fatec - Garça.                                                                                                                          | 2018                                                                                                                                                                                                                            |
| Evolução das pesquisas Correlacionadas à Gestão da Cadeia de Suprimentos e Pegada de Carbono.                                                                                                                                             |                                                                                                                     | XV SICI (Simpósio Internacional de Ciências Integradas).                                                                                                            | 2018                                                                                                                                                                                                                            |