



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde
Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia
Ambiental (PPGCTA)

Paulo Gabriel Dias Delmondes

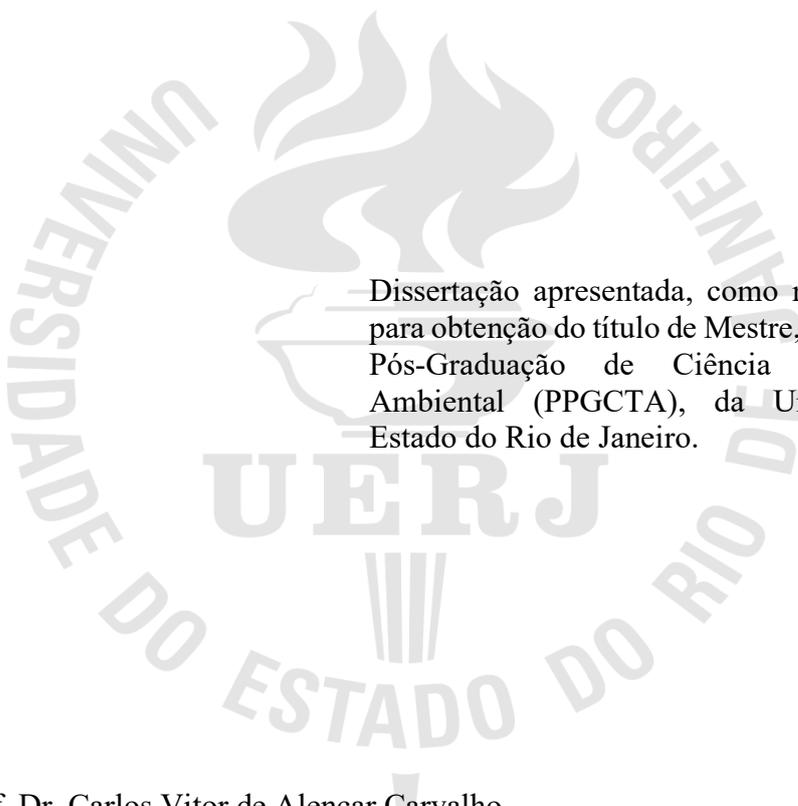
**Reaproveitamento de resíduos da construção civil gerados no município do
Rio de Janeiro como alternativa para o seu descarte**

Rio de Janeiro

2022

Paulo Gabriel Dias Delmondes

Reaproveitamento de resíduos da construção civil gerados no município do Rio de Janeiro como alternativa para o seu descarte



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/ CZO

D359 Delmondes, Paulo Gabriel Dias

Reaproveitamento de resíduos da construção civil gerados no município do Rio de Janeiro como alternativa para o seu descarte/ Paulo Gabriel Dias Delmondes – 2022.
98 f.

Orientador: Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

1. Ciências e Tecnologia Ambiental – Teses. 2. Entulho – Teses. 3. Reciclagem – Teses. 4. Gestão de resíduos – Teses. 5. Quantificação – Teses. I. Carvalho, Carlos Vitor de Alencar. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde. III. Título.

CDU 502

Bibliotecária: Rosana Maria dos Passos – CRB 7 4908

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese/dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Paulo Gabriel Dias Delmondes

Reaproveitamento de resíduos da construção civil gerados no município do Rio de Janeiro como alternativa para o seu descarte

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 22 de novembro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho (Orientador)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro — UERJ

Prof. Dr. Marcelo Musci Zaib

Universidade do Estado do Rio de Janeiro — UERJ

Prof. Dr. Alexandre Ururahy Rodrigues

Universidade de Vassouras

Rio de Janeiro

2022

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é um produto de diversas mentes do segmento de gerenciamento de resíduos, por esse motivo, sou agradecido a cada uma pela contribuição na forma de inspiração.

Devo profundos agradecimentos à minha esposa Juriliza Delmondes, que sempre foi companheira e prestou todo suporte que necessitei de forma incondicional, sem este apoio, nada disso seria possível.

Agradeço à minha mãe Rita Dias, que é meu maior exemplo de trabalho duro, muito obrigado pelo principal ensinamento da vida.

Sou muito grato ao meu orientador Carlos Carvalho, por disponibilizar seu tempo, inclusive aos finais de semana, obrigado por transmitir seu conhecimento e sabedoria, sem este direcionamento, este desejo ficaria somente no campo das ideias. Agradeço ainda ao Alexandre Rodrigues e Marcelo Musci, que compuseram a banca avaliadora da defesa.

Gostaria também de agradecer à Solução Gerenciamento de Resíduos Ltda, pois a experiência do cotidiano foi o que gerou a inquietação, tornando-se assim minha fonte de inspiração.

Agradeço à Gerência de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental do INEA por compartilhar dados do sistema de manifestos de resíduos, com essas informações foi possível concluir todas metas estabelecidas na pesquisa.

Agradeço ao corpo docente e coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da UERJ *Campus Zona Oeste*, obrigado pela contribuição na forma de ensinamento e suporte.

Desejo agradecer aos meus amigos e familiares pela compreensão da minha ausência, pois necessitei deste tempo para desenvolver e revisar de forma obsessiva essa dissertação.

Por fim, agradeço aos meus companheiros de turma, que proporcionaram uma experiência única.

Faça as coisas o mais simples que puder, porém não as mais simples.

Albert Einstein

RESUMO

DELMONDES, P.G.D. *Reaproveitamento de resíduos da construção civil gerados no município do Rio de Janeiro como alternativa para o seu descarte*. 2022. 98 f. Dissertação. (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Nesse trabalho foi proposto novo modelo de gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) para o município do Rio de Janeiro, foi realizada a estimativa da geração de resíduos, por bairro e área de planejamento da cidade, considerando o período de 2006 a 2020, que foram comparados com os dados de produção de resíduos publicados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), foi constatado que os valores obtidos pela estimativa, apontaram quantidade média de geração de 361.992,00 toneladas por ano. Também foi realizado o mapeamento dos locais licenciados para descarte de RCC gerados na cidade, sendo constatado a proibição em dispor estes resíduos nas Estação de Transferência de Resíduos (ETR) geridas pela COMLURB, assim como no CTR – Rio em Seropédica, contudo, foi evidenciado que o aterro sanitário recebe RCC apesar desta atividade não estar contemplada na licença de operação do empreendimento. Foi comprovado ainda, que dentre as nove empresas apresentadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro como local de disposição destes resíduos, somente cinco possuem registro de recebimento, segundo dados do sistema Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) compartilhados pela Gerência de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental (GERILAM) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Dentre as quais, a Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli recebeu majoritariamente materiais transportados por empresas de seu grupo, uma vez que 99,98 % dos resíduos recebidos foram coletados por instituições com nome fantasia Terra Prometida, que é de sua propriedade. Já o destinador Tamoio Mineração S.A, foi comprovado que 3,35 % do total de materiais recebidos, foram transportados por empresas credenciadas pela COMLURB. Quanto à Liej Materiais de Construção Ltda, quando foi excluído o total de resíduos coletados por essa empresa, somente 1,46% do montante de materiais recebidos foram coletados por outras entidades regularizadas pela COMLURB. Sobre o destinador Top Líder e Locação de Equipamentos Ltda Epp, 55,08 % do volume de resíduos encaminhados para este local, foram transportados por empresas credenciadas. Por último, não há registro de disposição de resíduos coletados por entidades credenciadas pela COMLURB na Mineração Galácia Ltda. Como solução, foi recomendado adequação das estações de transferência, prioritariamente pela ETR de Jacarepaguá, pois a Área de Planejamento 4 representou 50,70% do total de resíduos estimados na cidade. Em segunda ordem, foi sugerido adaptação da ETR Marechal Hermes, já que a Área de Planejamento 3 correspondeu 17,66 % do montante de resíduos calculados. Já em terceira ordem foi indicado ajustamento da ETR de Bangu, pois a Área de Planejamento 5 representou 16,59% do volume de materiais estimados. Por último, foi sugerido adequação da ETR do Caju, que recebe resíduos da Área de Planejamento 2 e 1, regiões onde foram estimados 8,28% e 6,77% respectivamente, da quantidade de RCC gerados no município. Além do ajustamento destas unidades, foi apresentada a necessidade de criação de usina de reciclagem de RCC.

Palavras-chave: Entulho. Reciclagem. Modelo de gestão de resíduos. Quantificação

ABSTRACT

DELMONDES, P.G.D. *Reuse of construction waste produced in the city of Rio de Janeiro as an alternative to disposal*. 2022. 98 f. Dissertação. (Mestrado Profissional em Ensino em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

In this study, a new management model for construction and demolition waste (C&D) was proposed for the city of Rio de Janeiro, waste generation was estimated by neighborhood and city planning area, between 2006 and 2020, that were compared with the waste production data published by Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB (Municipal Urban Cleaning Company) and Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento - SNIS (National Sanitation Information System), it was found that the values obtained by the estimate, indicated an average amount of generation of 361,992.00 ton per year. The mapping of licensed sites for disposal of C&D waste generated in the city was also done, and confirmed about the prohibition on disposing of this waste in the places managed by COMLURB and in the CTR - Rio in Seropédica, however, it was evidenced that the sanitary landfill receives C&D waste despite of this activity is not included in the operating license of the enterprise. It was also proved that among the nine companies presented by the City Hall of Rio de Janeiro as a place of disposal of this waste, only five have a receipt record, according to data from waste management system shared by Gerencia de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental - GERILAM (Monitoring Management of Environmental Licensing Instruments) from Instituto Estadual do Ambiente - INEA (State Institute of the Environment). Among which, Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli received mostly materials transported by companies of its group, since 99.98% of the waste received was collected by institutions from Terra Prometida. As for Tamoio Mineração S.A, it was proven that only 3.35% of the total materials dumped were transported by companies accredited by COMLURB. As for Liej Materials de Construção Ltda, when the total waste collected by this company was excluded, only 1.46% of the total of materials were collected by other entities in conformance by COMLURB. With regard to Top Líder e Locação de Equipamentos Ltda Epp, 55.08% of the volume of waste sent to this location was transported by companies regularized. Finally, there is no record of disposal of waste collected by entities accredited by COMLURB at Mineração Galácia Ltda. As a solution, adaptation of the transfer stations was recommended, primarily by the ETR of Jacarepaguá, as Planning Area 4 represented 50.70% of the total estimated waste in the city. In second order, adaptation of the ETR Marechal Hermes was suggested, since the Planning Area 3 corresponded to 17.66% of the amount of calculated waste. In the third order, adjustment of the ETR of Bangu was indicated, as the Planning Area 5 represented 16.59% of the estimated volume of materials. Finally, it was suggested to adapt the ETR of Caju, which receives waste from Planning Area 2 and 1, regions where the production of 8.28% and 6.77%, respectively, of the amount of C&D waste generated in the municipality were estimated. In addition to the adjustment of these places, the need to create a C&D waste recycling plant was presented.

Keywords: Rubble. Recycling. Waste management model. Quantification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Estrutura do Trabalho.....	18
Figura 2 –	Esquemática da RSL.....	37
Figura 3 –	Geração de RCC de acordo com a Área de Planejamento da cidade.....	47
Figura 4 –	Estimativa geração RCC Área de Planejamento 1.....	48
Figura 5 –	Estimativa geração RCC Área de Planejamento 2.....	49
Figura 6 –	Estimativa geração RCC Área de Planejamento 3.....	50
Figura 7 –	Estimativa geração RCC Área de Planejamento 4.....	51
Figura 8 –	Estimativa geração RCC Área de Planejamento 5.....	52
Figura 9 –	Logística de transferência de resíduos para o CTR - Rio em Seropédica...	72
Figura 10 –	Localização destinador de RCC Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli.....	81
Figura 11 –	Localização destinador de RCC Tamoio Mineração S.A.....	82
Figura 12 –	Localização destinador de RCC LIEJ Materiais de Construção Ltda.....	83
Figura 13 –	Localização destinador de RCC Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda.....	83
Figura 14 –	Localização destinador de RCC Mineração Galácia Ltda.....	84
Figura 15 –	Área proposta para criação usinas de reciclagem de RCC.....	88
Figura 16 –	Acesso à usina de reciclagem de RCC segundo critérios de seleção.....	88
Figura 17 –	Modelo de gestão de RCC para cidade do Rio de Janeiro.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Identificador do consumidor de cimento.....	20
Tabela 2 –	Taxas médias ponderadas de geração de RCD na Espanha (kg/m ²).....	21
Tabela 3 –	Composição resíduos construção e demolição Espanha.....	21
Tabela 4 –	Classificação e caracterização dos resíduos oriundos de prédios em construção em Passo Fundo.....	25
Tabela 5 –	Área requerida para usina de reciclagem em função da capacidade de produção.....	30
Tabela 6 –	Quantidade RCC gerado na cidade do Rio de Janeiro segundo COMLURB.....	53
Tabela 7 –	Quantidade RCC gerado na cidade do Rio de Janeiro segundo SNIS.....	54
Tabela 8 –	Indicadores estatístico teste ANOVA para geração de RCC 2006 a 2020.....	59
Tabela 9 –	Indicadores estatístico teste ANOVA para geração de RCC 2011 a 2020.....	64
Tabela 10 –	Indicadores estatístico do teste T para geração de RCC 2006 a 2020.....	68
Tabela 11 –	Indicadores estatístico do teste T para geração de RCC 2011 a 2020.....	71
Tabela 12 –	Total de RCC recebidos pela Arco Aliança entre 2018 e 2021.....	76
Tabela 13 –	Total de RCC recebidos pela Tamoio Mineração S.A entre 2018 e 2021.....	77
Tabela 14 –	Total de RCC recebidos pela Liej Materiais de Construção Ltda entre 2018 e 2021.....	78
Tabela 15 –	Total de RCC recebidos pela Top Líder Transporte e Locação de Equipamento Ltda Epp.....	79
Tabela 16 –	Total de RCC recebidos pela Mineração Galácia Ltda.....	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Coleta de RCD pelos municípios no Brasil.....	22
Gráfico 2 –	Contribuição geral: percentual de entregas por predominância de material.....	24
Gráfico 3 –	Contribuição geral: tipo de resíduo (percentual de contribuição).....	24
Gráfico 4 –	Origem do RCD em algumas cidades brasileiras (% da massa total).....	27
Gráfico 5 –	Área total de concessão de habite-se de acordo com Área de Planejamento.....	45
Gráfico 6 –	Estimativa geração RCC atividades construtivas licenciadas.....	46
Gráfico 7 –	Responsável pelo recolhimento de RCC segundo SNIS.....	55
Gráfico 8 –	Teste normalidade dados geração RCC estimados período 2006 a 2020.....	57
Gráfico 9 –	Teste normalidade dados geração RCC COMLURB 2006 a 2020.....	57
Gráfico 10 –	Teste normalidade dados geração de RCC SNIS período 2006 a 2020.....	58
Gráfico 11 –	Teste variâncias geração de RCC para três grupos de dados período 2006 a 2020.....	59
Gráfico 12 –	Resultado teste ANOVA dados geração de RCC período 2006 a 2020.....	60
Gráfico 13 –	Teste normalidade dados de geração de RCC estimados período 2011 a 2020.....	61
Gráfico 14 –	Teste normalidade dados de geração de RCC COMLURB período 2011 a 2020.....	62
Gráfico 15 –	Teste normalidade dados de geração de RCC SNIS período 2011 a 2020....	62
Gráfico 16 –	Teste variâncias geração RCC três grupos de dados período 2011 a 2020...	63
Gráfico 17 –	Resultado teste ANOVA dados geração de RCC período 2011 a 2020.....	64
Gráfico 18 –	Resultado teste Tukey dados geração de RCC período 2011 a 2020.....	65
Gráfico 19 –	Teste normalidade dados geração RCC SNIS período 2006 a 2020.....	66
Gráfico 20 –	Resultado teste T para geração de RCC período 2006 a 2020.....	68
Gráfico 21 –	Teste normalidade dados geração RCC SNIS período 2011 a 2020.....	70
Gráfico 22 –	Resultado teste T para geração de RCC período 2011 a 2020.....	71
Gráfico 23 –	Critérios dimensionamento área criação usina de reciclagem RCC.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Processo de reciclagem de resíduos da construção e demolição.....	29
Quadro 2 –	Normas técnicas relacionadas.....	32
Quadro 3 –	Instrumentos legais e normativos na esfera nacional.....	33
Quadro 4 –	Instrumentos legais e normativos na esfera estadual.....	33
Quadro 5 –	Instrumentos legais e normativos na esfera municipal.....	34
Quadro 6 –	Resultado da busca no Google Acadêmico.....	38
Quadro 7 –	Resultado da busca na <i>ScienceDirect</i>	39
Quadro 8 –	Resultado da busca na <i>Scielo</i>	40
Quadro 9 –	Referências complementares.....	40
Quadro 10 –	Licenças Municipais de Operação das ETRs da COMLURB.....	73
Quadro 11 –	Licença de Operação CTR – Seropédica.....	74
Quadro 12 –	Empresas Licenciadas – RCC.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Área de Planejamento
APP	Área de Preservação Permanente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
ERE	Estação de Reciclagem de Entulho
ETR	Estação de Transferência de Resíduos
GERILAM	Gerência de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
LMO	Licença Municipal de Operação
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
RJ	Rio de Janeiro
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RS	Rio Grande do Sul
RSI	Resíduos Sólidos Inertes
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMDEIS	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação
SMPU	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SC	Santa Catarina
SP	São Paulo

TCMRJ Tribunal de Contas do Município do Rio de Janeiro
URPV Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1 Métricas de Estimativa e Composição de RCC e RCD	19
1.2 Reciclagem de RCC e RCD	27
1.3 Legislações, Normas e Portarias Relacionadas	31
1.3.1 <u>Normas Técnicas</u>	32
1.3.2 <u>Legislação Federal</u>	33
1.3.3 <u>Legislação Estadual</u>	33
1.3.4 <u>Legislação Municipal</u>	34
2 METODOLOGIA	35
2.1 Revisão Sistemática da Literatura	35
2.1.1 <u>Escolha das bases de dados científicas e eleição das palavras-chaves</u>	35
2.1.2 <u>Armazenamento dos dados e critérios de inclusão e exclusão dos artigos</u>	36
2.1.3 <u>Avaliação e síntese dos artigos selecionados</u>	37
2.2 Resultados da Revisão Sistemática da Literatura	38
2.2.1 <u>Busca n Google Acadêmico</u>	38
2.2.2 <u>Busca na ScienceDirect</u>	39
2.2.3 <u>Busca na Scientific Eletronic Library Online (Scielo)</u>	39
2.2.4 <u>Referências complementares</u>	40
2.3 Pesquisa de Documentos	40
2.4 Quantificação do RCC	41
2.5 Dados Geração RCC Fornecidos por Órgão de Controle	42
2.6 Aplicação de Testes Estatísticos para Análise dos Dados Referente à Geração de RCC	42
2.7 Mapeamento dos Locais Autorizados e Propostos para Descarte de RCC	43

3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
3.1	Geração de RCC segundo Área de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro	45
3.2	Quantificação de RCC Área de Planejamento 1	47
3.3	Quantificação de RCC Área de Planejamento 2	48
3.4	Quantificação de RCC Área de Planejamento 3	49
3.5	Quantificação de RCC Área de Planejamento 4	50
3.6	Quantificação de RCC Área de Planejamento 5	51
3.7	Geração de RCC Divulgados Pelos Órgãos de Controle	52
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1	Aplicação Teste Estatístico ANOVA Período 2006 a 2020	56
4.2	Aplicação Teste Estatístico ANOVA Período 2011 a 2020	61
4.2.1	<u>Teste T geração RCC Estimados e Movimentação de Caçambeiros 2006 a 2020</u>	65
4.2.2	<u>Teste T geração RCC Estimados e Movimentação de Caçambeiros 2011 a 2020</u>	68
4.3	Mapeamento dos Locais Autorizados e Propostos para Descarte de RCC	72
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS	93

INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório será apresentado o contexto referente à pesquisa realizada, além de especificar os objetivos propostos para este estudo. Logo após, será apresentada a justificativa para a elaboração desse trabalho, bem como as principais limitações encontradas na pesquisa, e por fim, será esquematizada a estruturação dos capítulos dessa dissertação.

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), são um apelo global à ação para acabar com pobreza, proteger o ambiente, clima e garantir que a população, em todos lugares, tenham acesso à paz e prosperidade. Dentre os dezessete objetivos, o décimo primeiro corresponde ao desenvolvimento de Cidades e Comunidades Sustentáveis, neste sentido, existe como meta para o Brasil a redução do impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais, entre outros até 2030 (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022). Entretanto, o desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado sem transformar significativamente a maneira como os espaços urbanos são construídos e gerenciados.

A geração elevada de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), associada a atuação desregrada de agentes, implica à imposição a população de um número significativo de áreas degradadas, na forma de bota-foras clandestinos ou de deposições irregulares. Os primeiros surgem principalmente da ação de empresas que se dedicam ao transporte dos resíduos das obras de maior porte e que descarregam os materiais de forma descontrolada, em locais usualmente impróprios para esta finalidade, assim como sem a devida licença ambiental. Em grande número de casos, contudo, há consentimento de forma tácita ou explícita das administrações locais. Quanto aos depósitos irregulares, usualmente em grande números, são originados na maioria das vezes de pequenas obras ou reformas efetuadas pela população urbana mais carente de recursos, frequentemente por processos de autoconstrução, como não dispõem de recursos financeiros para contratação de empresas regularizadas que atuam no setor, colabora fortemente para a degradação ambiental resultante das disposições irregulares devido a atuação dos pequenos veículos coletores com baixa capacidade de deslocamento (PINTO e GONZÁLEZ, 2005)

Os RCD geram problemas de amplitude mundial. A estimativa de geração destes resíduos no Brasil aponta um valor aproximado de 500 kg/ano per capita, mas estes valores

variam e estão correlacionados com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Os RCD representam a maior fração dos resíduos sólidos municipais. Sendo o despejo irregular de resíduos próximos aos rios, rodovias e outros locais impróprios, o que resulta em impactos econômicos e ambientais, conseqüentemente gerando problemas financeiros para a administração pública e a comunidade. Nos últimos anos, governantes aprovaram novas políticas quanto à responsabilidade sobre o descarte e reciclagem de resíduos em geral. Como resultado, a situação está mudando com a implantação de plantas de reciclagem, contudo, atualmente somente uma pequena fração de RCD são recuperados (CONTREAS, TEIXEIRA, *et al.*, 2016).

Em termos de Centros de Tratamento de Resíduos (CTR), a cidade do Rio de Janeiro chegou a contar com três unidades operando simultaneamente, sendo o Aterro de Gramacho situado em Duque de Caxias, o CTR – Gericinó e o CTR – Rio localizado em Seropédica. Deve ser destacado que o Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho foi desativado em junho de 2012, quanto ao CTR – Gericinó, o recebimento de resíduos sólidos urbanos (RSU) foi encerrado em abril de 2014 (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021).

No que diz respeito ao Centro de Tratamento de Resíduos CTR – Rio, em Seropédica, este foi inaugurado em 20 de abril de 2011, quando iniciou a operação em área de 220 hectares (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021). Em sua primeira fase foram depositados cerca de nove mil toneladas diárias de resíduos, que inicialmente recebeu rejeitos provenientes da Estação de Transferência de Jacarepaguá, local de despejo dos caminhões coletores e basculantes que atendem os bairros da Barra da Tijuca, Recreio e Jacarepaguá (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2011).

Em se tratando de gestão de resíduos da cidade do Rio de Janeiro, geradores de resíduos da construção civil (RCC) localizados no município, que individualmente produzem mais do que 2m³ por semana, são classificados como grandes geradores, segundo inciso VII do Art.3º do Decreto municipal nº 27.078, de 27 de setembro de 2006 (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2006).

A responsabilidade do recolhimento, transporte e destinação de RCC produzidos por pequenos geradores é atribuição da prefeitura por meio da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). Entretanto, para aqueles que ultrapassam este limite, o descarte de tais resíduos torna-se responsabilidade do próprio gerador, o qual deve buscar empresa credenciada no referido órgão a fim de contratar o serviço de descarte destes materiais.

As empresas credenciadas na COMLURB devem cumprir uma série de exigências relativas à norma de credenciamento, no que diz respeito à destinação dos resíduos removidos,

a exemplo do § 1º do Art. 17. da Portaria “N” COMLURB N°002 de 03 de fevereiro de 2022, que determina a obrigatoriedade em destinar os resíduos de grandes geradores somente em instalações que façam parte do Sistema de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro operados ou formalmente autorizados por este órgão (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2022).

Apesar da obrigatoriedade em destinar resíduos produzidos por grandes geradores somente em locais autorizados pela COMLURB, até a data publicação da Portaria “N” COMLURB N°002 de 03 de fevereiro de 2022, a legislação em vigor foi a Portaria da COMLURB N°2 – N, onde no Item 8.06 determinava proibição do descarte de resíduos da construção civil em quaisquer estações de transferência de resíduos (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2019).

Com a atualização da legislação, passou a vigorar a Portaria “N” COMLURB N°001 de 03 de fevereiro de 2022, onde estabelece no § 1º do Art. 17 que as empresas credenciadas devem dispor os RCC coletados somente em áreas licenciadas pelos órgãos de controle ambiental e que sejam de conhecimento da COMLURB (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2022).

Os resíduos da construção civil possuem potencial de reaproveitamento, sua reciclagem consta de uma etapa de seleção de três grupos, aqueles compostos de areia, cal e cimento, os constituídos de materiais cerâmicos e resíduos não utilizados no agregado, por exemplo, solo, vidro, plástico, papel, madeira entre outros. Após a separação, os resíduos são triturados, obtendo-se, então, os agregados reciclados que podem ser utilizados na fabricação de peças pré-moldadas não estruturadas, agregados para sub-base de pavimentos, guias e sarjetas, bem como blocos de concreto de vedação. Parte dos resíduos da construção civil pode ser reutilizada na própria obra para o fechamento de valas e construção de contrapisos (MANO, PACHECO e BONELLI, 2010).

Devido ao potencial de reaproveitamento destes materiais, assim como a elevada geração, este estudo consiste em desenvolver a estimativa de geração de RCC gerados, através das construções formais na cidade do Rio de Janeiro, de acordo com a região, utilizando como ferramenta de estimativa o método de cálculo indireto proposto por Pinto (1999), o qual utiliza a área total relativa às edificações novas na cidade, para prever a geração de resíduos, sendo o período analisado entre 2006 a 2020. As quantidades estimadas foram comparadas com os totais de RCC produzidos e que foram divulgados pela COMLURB, assim como o levantamento obtido nos Diagnósticos do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos entre o período de 2006 a 2020, elaborado pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS).

Após o diagnóstico, será realizado o mapeamento dos locais autorizados para o descarte dos RCC localizados na cidade. Será proposto a adequação das estações de transferência de

resíduos, afim de possibilitar o recebimento temporário dos RCC, para adaptação destas unidades será utilizado como critério de prioridade, o atendimento à demanda das regiões de maior geração. Será apresentado a necessidade de criação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil. Por fim, será proposto a revogação do § 1º do Art. 17 da Portaria “N” COMLURB N°002 de 03 de fevereiro de 2022, a fim de possibilitar que resíduos extraordinários gerados na cidade do Rio de Janeiro possam ser destinados em locais licenciados por outro município.

Objetivo Geral

Propor um novo modelo de gestão de resíduos da construção civil gerados no município do Rio de Janeiro. Este novo modelo de gestão será o produto desta dissertação.

Objetivos Específicos

- Pesquisar quais são as métricas utilizadas como ferramenta para estimar a geração de resíduos da construção civil;
- Realizar a estimativa de geração de resíduos da construção civil, por bairro e área de planejamento, utilizando-se da métrica selecionada;
- Analisar através de testes estatísticos os resultados obtidos com o método de estimativa e os dados de geração RCC divulgados pelos órgãos de controle;
- Realizar o mapeamento dos locais que são autorizados o descarte de RCC produzidos na cidade do Rio de Janeiro;
- Propor a criação de unidade para reciclagem destes resíduos, considerando a demanda das regiões de maior geração;

Justificativa

Devido à baixa oferta de destinadores regularizados para recebimento de RCC oriundos de grandes geradores situados na cidade do Rio de Janeiro, estes resíduos que possuem potencial para reaproveitamento, acabam sendo destinados para o aterro sanitário, entretanto, a disposição final em aterro só deve ser realizada quando esgotadas todas possibilidades de tratamento e recuperação, a fim de prolongar sua vida útil. Por esse motivo, há necessidade de investimento em planta de reciclagem de RCC, assim como adequar as ETRs da COMLURB como pontos de apoio, afim de viabilizar o recebimento destes materiais de forma temporária, para que posteriormente estes sejam destinados à planta de reciclagem.

Além da necessidade de investir na implantação de planta para reciclagem de RCC, é imprescindível a reformulação da Portaria “N” COMLURB N°002 – N de 03 de fevereiro de 2022, uma vez que a limitação estabelecida para destinar resíduos extraordinários somente em instalações que façam parte do Sistema de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro operados ou formalmente autorizados pela COMLURB, impossibilita que os resíduos produzidos por grandes geradores da cidade do Rio de Janeiro, possam ser destinados para destinadores licenciados por órgãos ambientais de outros municípios.

Por último, ressalta-se que a ineficiência do reaproveitamento dos RCC que possuem potencial de reciclagem, contribui com o descumprimento dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, dentre os quais prevê reutilização e reciclagem no inciso II do Art. 7º da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2021 (BRASIL, 2010).

Limitações

A estimativa de geração de RCD obtido por Pinto (1999), é formulada a partir de três bases de informações, sendo elas: estimativa de área construída e serviços executados, movimentação de cargas por coletores, e o monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino dos RCD.

Embora a metodologia de quantificação utilize três parâmetros, este estudo está limitado em prever a geração de resíduos provenientes de área construída e serviços executados, ou seja, as construções formais. Desta forma, a estimativa da quantidade de RCD a partir da movimentação de cargas por agentes coletores, assim como a quantidade de geração de resíduos a partir do monitoramento de deposições clandestinas, não foram realizadas nesta pesquisa.

Sendo assim, o total de resíduos estimado não representa a geração total de resíduos da construção civil produzidos na cidade do Rio de Janeiro.

Estrutura do Trabalho

O presente trabalho apresenta 4 capítulos. No Capítulo 1 é apresentado o referencial teórico, através do resumo dos principais estudos que dissertavam sobre resíduos da construção e demolição, reciclagem, modelo de gestão de resíduos, quantificação, legislações, normas e portarias, observando as principais ferramentas e métodos para elaboração do produto desta pesquisa, que é propor um novo modelo de gestão de resíduos da construção civil para o município do Rio de Janeiro.

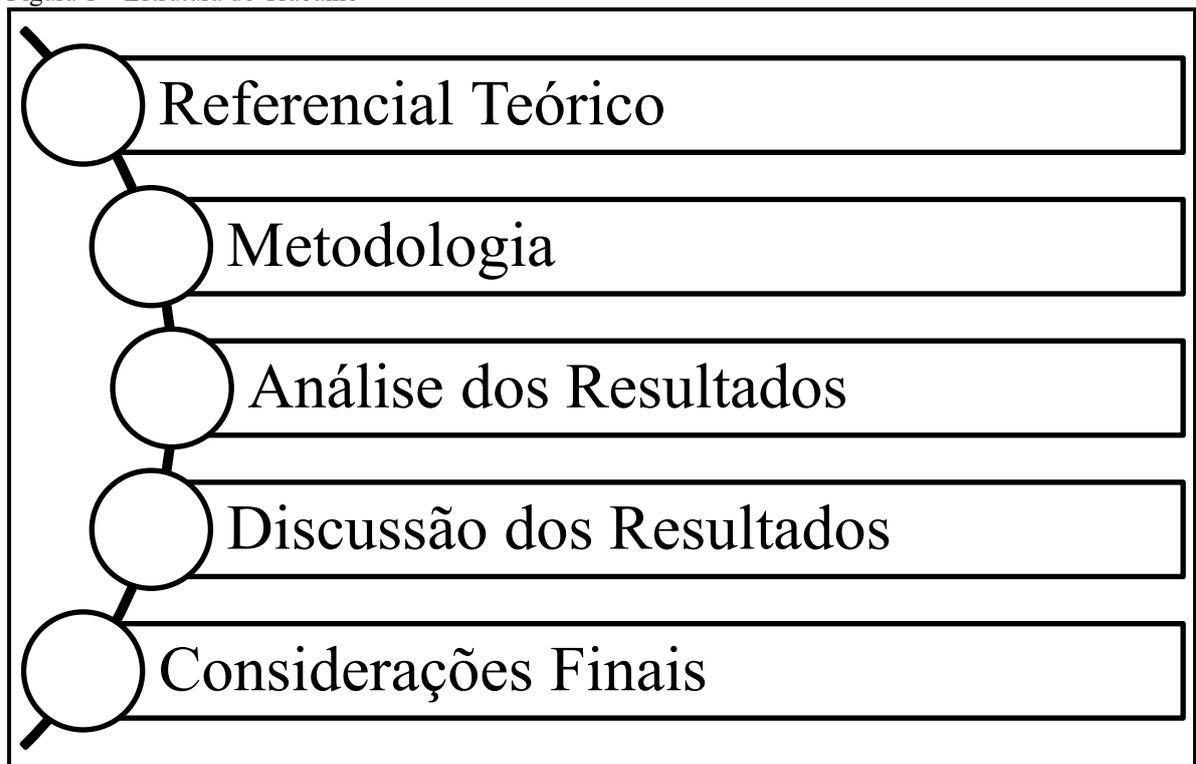
No Capítulo 2 é discutida a abordagem metodológica do referencial teórico adotada neste trabalho, através da descrição do método de pesquisa utilizado, contendo o detalhamento das etapas realizadas de embasamento teórico e elaboração do produto da pesquisa, também é apresentada a metodologia relativa à pesquisa de documentos, quantificação do RCC, pesquisa quanto ao montante de RCC produzidos na cidade do Rio de Janeiro informados pelos órgãos de controle, assim como definição dos testes estatísticos que serão utilizados, por último, o mapeamento dos locais autorizados e propostos para descarte destes resíduos.

No Capítulo 3 os resultados da pesquisa são analisados, apresentando o levantamento relativo à geração de RCC produzidos na cidade do Rio de Janeiro que foram estimados, assim como serão demonstrados os dados de geração informados pela COMLURB e SNIS.

No Capítulo 4 os resultados são discutidos, através da aplicação de testes estatísticos será definido o dado de geração de RCC que será utilizado no dimensionamento da área necessária para seleção do local e propor a construção de usina de reciclagem de RCC, possibilitando assim sugerir a adoção de novo modelo de gestão de resíduos da construção civil gerados na cidade do Rio de Janeiro.

Por fim, são apresentadas as considerações finais referentes a essa pesquisa. A Figura 1 aponta a síntese da estrutura do trabalho.

Figura 1 – Estrutura do Trabalho



Fonte: Autor, 2022.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Métricas de Estimativa e Composição de RCC e RCD

A gravidade da geração dos resíduos de construção e demolição não depende somente do montante gerado, mas também sobre sua gestão. De forma geral, a quantidade e a composição dos RCD variam entre regiões, sendo dependente de outros fatores específicos de cada região, influenciando assim sua geração, tais como: população, atividade construtiva, materiais utilizados na construção, tradições entre outros (VILLORIA SÁEZ, PORRAS AMORES e RÍO MERINO, 2020).

A maioria do material que descartamos e que necessita ser destinada não é perigosa, é simplesmente lixo ou refugo. A grande parte dos simples constituintes desses resíduos sólidos é entulho de construção e demolição, sendo quase todo também reutilizado, ou eventualmente enterrado no solo. O segundo maior volume de resíduos é aquele gerado por setores comerciais e industriais, seguidos pelos resíduos domésticos provenientes das residências (BAIRD e CANN, 2011).

Os RCC, anteriormente chamados de RCD, são produzidos pela perda de materiais nos canteiros de obras e como subproduto dos processos de demolições. São bastante heterogêneos, sendo formados por argamassa, areia, solo, cerâmica, concreto, madeira, metais, papel, pedra, asfalto, tinta, gesso, plástico, borracha, materiais putrescíveis, entre outros. A proporção entre os materiais variam em função da tecnologia adotada na construção, bem como a quantidade gerada depende do maior ou menor aquecimento da economia no país (CALIJURI e CUNHA, 2013).

De acordo com (VILHENA, 2018), aquele que constrói ou executa reformas em estruturas de concreto utiliza o cimento. Sendo assim, ainda que de forma indireta, conhecendo-se o usuário do cimento é possível estabelecer um perfil do gerador de entulho. A partir dos dados da Tabela 1, foi verificado que a participação dos consumidores particulares de cimento é bastante significativa, representando 50,3% do total consumido no Brasil, o que indica que uma grande parte de materiais de construção, tais como cimento, areia, brita, cerâmica está sendo destinada provavelmente a inúmeras obras particulares de pequeno porte, como construção e reformas residenciais, com ou sem demolições. Desta forma, é potencialmente a

causa de numerosas fontes de entulho de pequeno volume e, portanto, das deposições irregulares.

Tabela 1 - Identificador do consumidor de cimento

Consumo de cimento no Brasil (%)					
Consumidores Industriais		Consumidores Finais		Consumidores Particulares	
Concreteiras	8,5	Empreiteiras	24,0	Individuais	37,7
Fibrocimento	3,9	Empr. Privadas	3,2	Pedreiros	12,6
Pré-moldados	2,7	Prefeituras	1,7		
Artefatos	3,8	Órgãos públicos	1,3		
Argamassas	0,6				
Total	19,5	Total	30,2	Total	50,30

Fonte: Booz; Allen; Hamilton (*apud* VILHENA, 2018, p. 172).

Conforme (EIGENHEER e FERREIRA, 2011), na medida em que as cidades aumentam e se modernizam, observa-se uma crescente geração de resíduos oriundos de obras e demolições, cujo volume é da ordem de 30 a 50% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos. São denominados RCC, que demandam de gestão específica, tanto em função de suas características, como devido aos problemas ambientais ocasionados pela sua disposição descontrolada. Parte relativamente pequena dos RCC é de recicláveis, como plásticos, papel, papelão, madeira, etc. A maior parte é constituída dos denominados entulhos, que podem ser processados e reutilizados como agregados na produção de concretos e argamassas.

Segundo (DING e XIAO, 2014), o índice de geração de resíduos de construção e demolição é extremamente útil para estimar o montante de resíduos de uma determinada região ou país, embora os valores possam ser diferentes devido a variedade dos materiais utilizados na construção, produção, nível de desenvolvimento da indústria de construção, assim como ambiente construído. De acordo com as análises do trabalho, apesar da elevada densidade populacional na cidade de Shangai na China, foram registrados valores de geração de resíduos da ordem de 724 kg/habitante/ano e 842 kg/habitante/ano, nos anos de 2000 e 2010, respectivamente. As análises ainda indicaram que mais de 80% dos componentes dos RCD são compostos por concreto, tijolos e blocos, sendo que estes materiais podem ser reutilizados se aplicados tecnologias de reciclagem apropriadas.

Segundo (LLATAS, 2013), o índice adotado na Espanha para estimar a geração de RCD em função da área construída, utilizado pelo *Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, Colegios Profesionales de Arquitectos Técnicos e as estatísticas do Ministerio de Fomento*, utilizam os índices apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Taxas médias ponderadas de geração de RCD na Espanha (kg/m²)

Tipo de construção	
Construção de edifícios novos	120,00
Restauração	338,70
Demolição total	1.129,00
Demolição parcial	903,20

Fonte: *Draft National Integrated Waste Plan 2007 - 2015 (Spanish Government – Ministry of the Environment, 2007, apud LLATAS, 2013, p.34).*

Ainda de acordo com (LLATAS, 2013), estudos realizados em instalações de tratamento de resíduos na Espanha, onde foram determinados a composição dos resíduos oriundos da construção e demolição, estão apresentados de acordo com a Tabela 3.

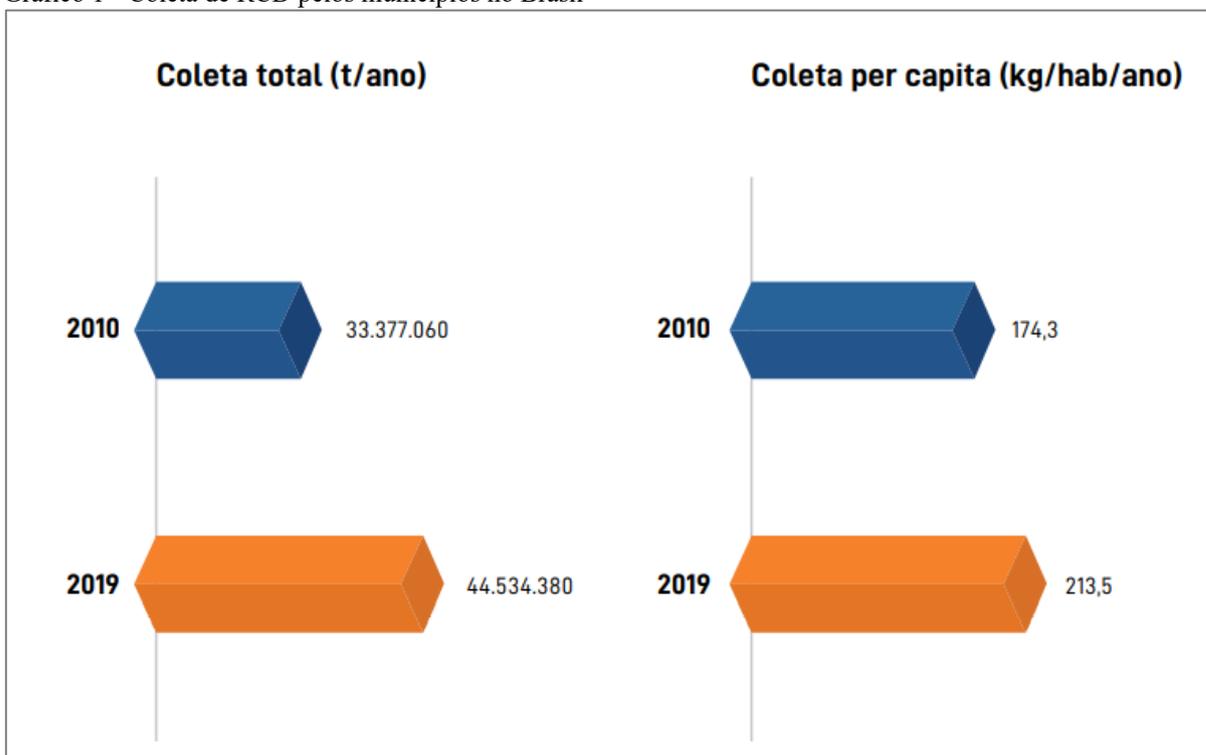
Tabela 3 - Composição resíduos construção e demolição Espanha

Composição RCD	
Tijolos, telhas e outras cerâmicas	54,00%
Concreto	12,00%
Lixo	7,00%
Pedras	5,00%
Asfalto	5,00%
Areia, cascalho e outros agregados	4,00%
Madeira	4,00%
Metais	2,50%
Plástico	1,50%
Vidro	0,50%
Papel	0,30%
Gesso	0,20%
Outros	4,00%

Fonte: *Spanish Government – Ministry of the Environment (2001, 2007, apud LLATAS, 2013, p.36).*

Segundo dados da (ABRELPE, 2020), foi registrado aumento do quantitativo de resíduos de construção de demolição coletados pelos municípios no período entre 2010 a 2019, passando de mais de 33 milhões de toneladas, em 2010, para mais de 44,5 milhões, em 2019, sendo assim, a quantidade coletada per capita cresceu de 174,3 kg para 213,5 kg por habitante por ano, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Coleta de RCD pelos municípios no Brasil



Fonte: ABRELPE (2020, p. 24).

Segundo (ANGULO, TEIXEIRA, *et al.*, 2011), as empresas privadas de construção são responsáveis pela elevada geração de resíduos da construção civil, por esse motivo, estas possuem a obrigação de elaborar projetos de gerenciamento específicos, como exemplo, contemplando a triagem em canteiros de obras, incluindo o uso de transportadores cadastrados e de áreas licenciadas para manejo e reciclagem. Já o poder público possui a obrigação em fornecer uma rede de destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores, responsáveis por reformas e autoconstruções e impossibilitados de implementar autogestão. Neste estudo foram apresentados dados relativos ao município de Novo Horizonte, localizado no estado de São Paulo, onde foi verificada a geração per capita média de resíduos da construção e demolição em torno de 367 kg/habitante, por ano. Sendo a composição média dos RCD analisados com predominância aqueles classificados como Classe A, representando 91% da

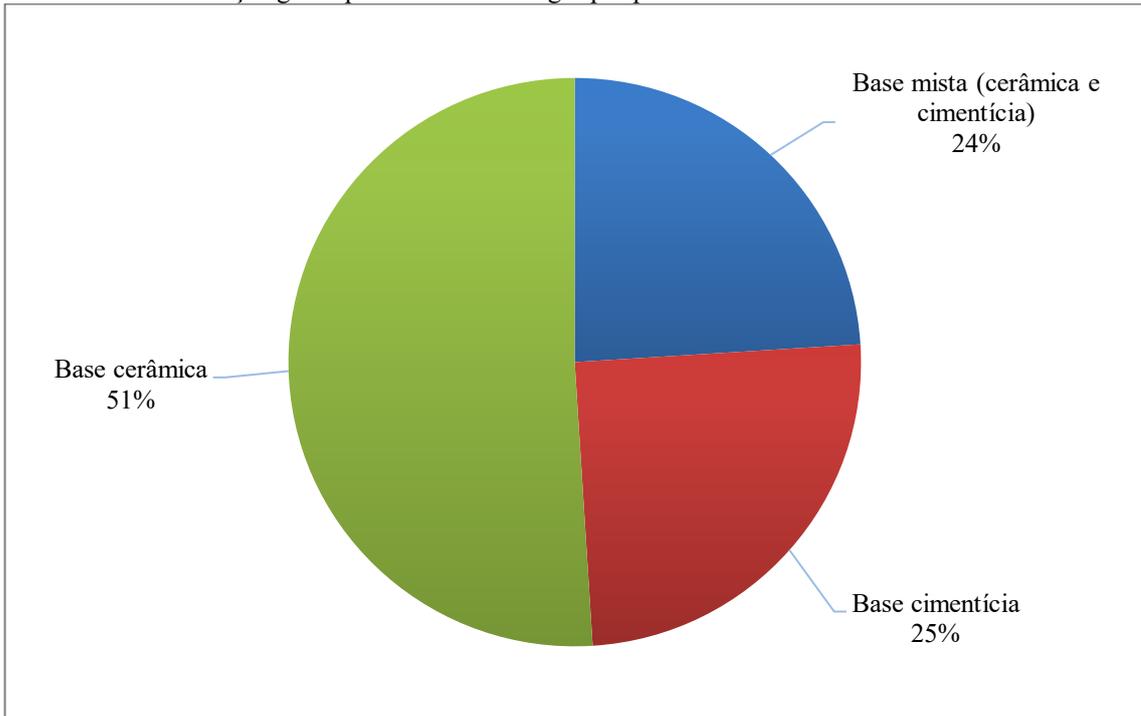
massa total, e 9 % de Classe B, não foram quantificados componentes pertencentes às Classes C e D.

De acordo com (BESSA, MELLO e LOURENÇO, 2019), em 2015 foram coletados na cidade de Belo Horizonte aproximadamente 612 mil toneladas de resíduos da construção e demolição, representando o total de 42,7% do montante de resíduos destinados na cidade, gerando um valor entre 0,24 e 0,26 toneladas de RCD/habitante/ano. Esta pesquisa apresenta ainda os dados relativos à análise qualitativa realizada nas amostras coletadas na Estação de Reciclagem de Entulho (ERE), foi possível constatar que a composição gravimétrica dos RCD gerados na cidade é formada principalmente por resíduos da Classe A, tais como blocos, argamassas, concretos, entre outros, representando por 95,5% do montante de resíduos gerados, seguidos por resíduos classe B, tais como papel, plástico, vidro e metal, em menor proporção. Desta forma, atesta que parcela significativa dos resíduos gerados possuem potencial de reutilização.

Ainda segundo (BESSA, MELLO e LOURENÇO, 2019), a massa unitária dos RCD após última moagem obteve valor médio de 1,56 tonelada/m³, com volume de vazios de 1,38%, compatível com a areia lavada média comercial que possui 1,39 tonelada/m³ de massa unitária e 0,11% de volume de vazios. Quanto à massa específica dos resíduos, apresentou valor compatível com o da areia lavada média, com valores de 2,22 tonelada/m³ e 2,49 toneladas/m³ respectivamente.

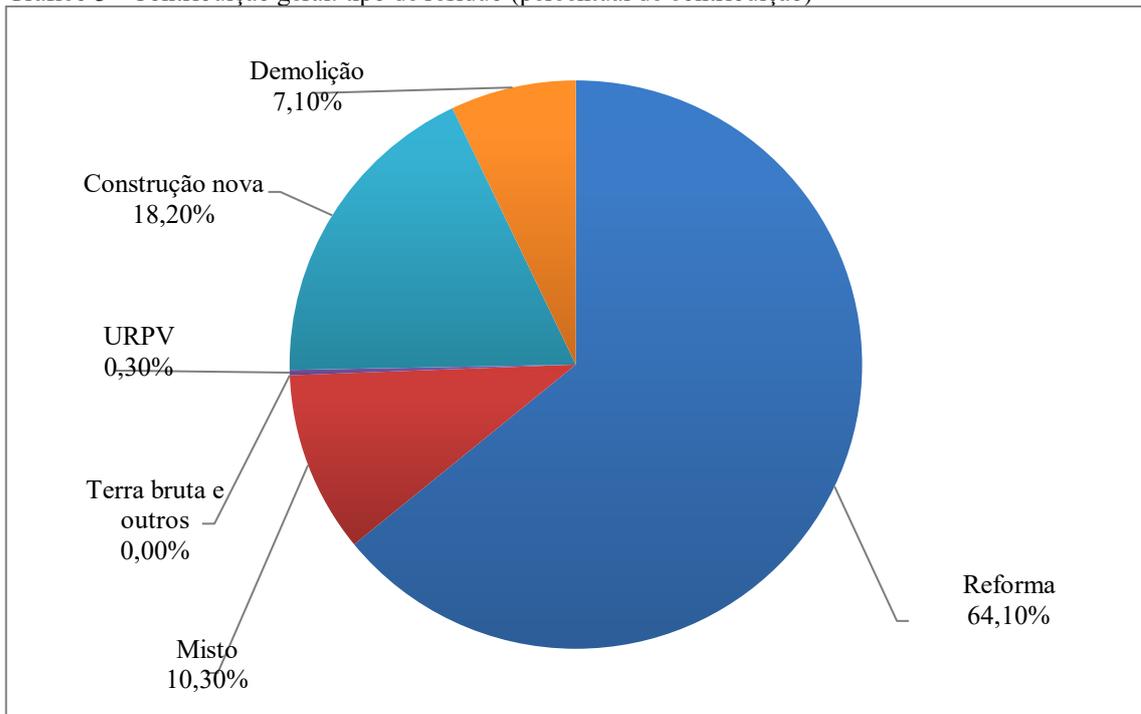
Conforme pesquisa desenvolvida por (CARMO, MAIA e CÉSAR, 2012), através da avaliação da tipologia dos resíduos da construção civil destinados às três usinas de reciclagem, localizadas no município de Belo Horizonte. Foi verificado que grande parte dos resíduos encaminhados para reciclagem é a base de cerâmica e oriundos de obras de reformas residenciais de casas. Os percentuais de contribuição em função predominância do material, assim como origem dos resíduos estão apresentados nos Gráficos 2 e 3.

Gráfico 2 - Contribuição geral: percentual de entregas por predominância de material



Fonte: Carmo, Maia e César (2012, p.189).

Gráfico 3 - Contribuição geral: tipo de resíduo (percentual de contribuição)



Fonte: Carmo, Maia e César (2012, p.189).

1

¹ URPV: unidade de recebimento de pequenos volumes; são unidades distribuídas entre as nove regiões de Belo Horizonte responsáveis pelo recebimento de RCC entregues por pequenos geradores, em quantidade máxima de 2m³ por dia.

Segundo (BERNARDES, THOMÉ, *et al.*, 2008), foi realizada análise dos percentuais e origem dos RCC da cidade de Passo Fundo/RS, excluindo os resíduos provenientes de limpeza de terrenos, os maiores índices de coleta foram aqueles oriundos da demolição e reformas, totalizando 51,1 % das cargas coletadas, bem como os provenientes de construções novas, ou seja, obras residenciais e prédios em construção, que juntos totalizaram 35,6%. Desconsiderando os valores de terra bruta oriundas de escavações, o percentual de demolições e reformas representou 58,6% e o de construções novas com 41,4%.

Além dos percentuais referentes à origem, foi realizada a classificação e caracterização dos RCD de acordo com a Resolução N°307 do CONAMA, registrando a ocorrência predominante de resíduos Classe A, com percentual de 94,8%, seguidos da Classe B com 3,1% e Classe C 2,4 %. Não foram identificados resíduos Classe D, que são caracterizados como perigosos. Na Tabela 4 estão apresentados percentuais referentes à classificação dos resíduos oriundos das demolições e reformas, obras residenciais e prédios em construção na cidade.

Tabela 4 - Classificação e caracterização dos resíduos oriundos de prédios em construção em Passo Fundo

Resíduos	Massa em kg	%	Classificação (Resolução n° 307 do CONAMA)
Argamassa	13.930,80	29,7	A
Cerâmica	1.327,10	2,8	A
Concreto	6.489,60	13,8	A
Finos argamassa	3.617,80	7,7	A
Finos de tijolos	891,00	1,9	A
Gesso	1.141,70	2,4	C
Madeira	974,00	2,1	B
Matéria orgânica, galhos	45,80	0,1	B
Material retido (argamassa + tijolos)	5.925,10	12,6	A
Metal	143,50	0,3	B
Papel, plásticos, tecido, isopor, PVC	273,40	0,6	B
Pedras	499,70	1,1	A
Terra bruta	350,50	0,7	A
Tijolo	11.323,50	24,1	A
Totais	46.933,40	100	

Fonte: Bernardes, Thomé, *et al.*(2008, p. 73).

De acordo com (CARDOSO, GALATTO e GUADAGNIN, 2014), durante o período de 2001 a 2010 foi registrado no município de Criciúma/SC, estimativa de geração diária de RCC valores entre 0,62 e 1,46 kg/habitante/dia, com média de geração per capita de 0,96 kg/dia, ressalta-se que este valor está dentro do intervalo considerado para as cidades Brasileiras. Neste mesmo período foi registrado 1.493.212,80 m² de área construída, o que representou uma média de geração anual de resíduos de 22.398,19 toneladas neste período, correspondendo a geração diária de 93,33 toneladas, considerando somente 20 dias úteis em cada mês. Destaca-se que os valores de geração de RCC foram obtidos através da estimativa indireta utilizando o indicador obtido por Pinto (1999), onde é considerado a geração de 0,15 tonelada/m² de área construída. Os autores ressaltam ainda que a reciclagem de RCC é de grande importância ao desenvolvimento regional, uma vez que contribui para a produção de agregado reciclado, assim como a conservação de reservas naturais de areia, brita e redução de áreas de bota fora irregulares.

Segundo (PINTO e GONZÁLEZ, 2005), para obter uma estimativa segura relativo à geração de resíduos da construção civil, o método sugerido deve somar três indicadores:

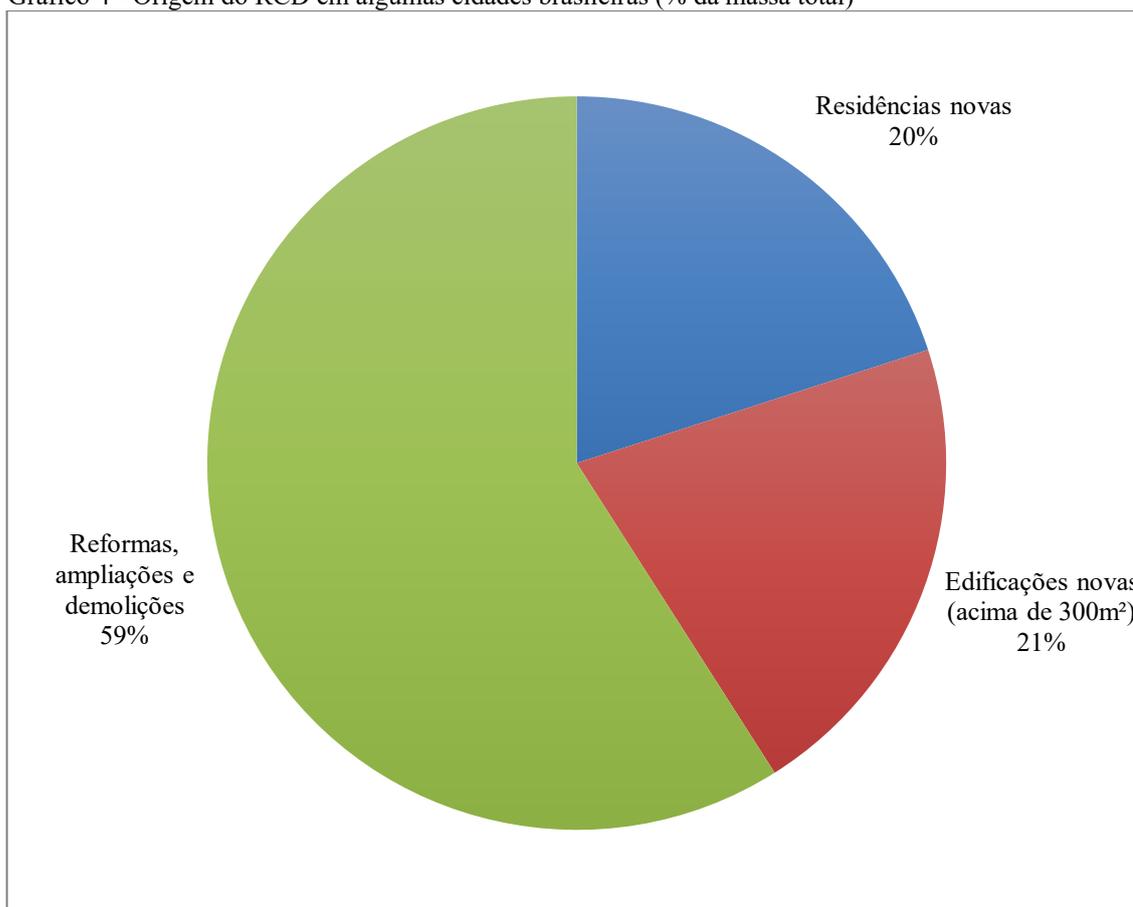
- Quantidade de resíduos oriundos de edificações novas construídas na cidade, num determinado período de tempo;
- Quantidade de resíduos gerados em reformas, ampliações e demolições, regularmente removida no mesmo período de tempo;
- Quantidade de resíduos removidos de deposições irregulares pelo município, no mesmo período de tempo.

Conhecendo a média de área anual referente às edificações novas, no período analisado, a estimativa da quantidade de resíduos produzidas pela atividade construtiva é efetuada com base em indicadores de perdas pesquisados em diversas regiões brasileiras, sendo a quantidade de resíduos a ser removida durante as construções estimada em 150 quilograma por metro quadrado construído (kg/m²). Contudo, as pequenas edificações novas em bairros de baixa renda na periferia da zona urbana, tais como autoconstrução e outros eventos, muito provavelmente não estarão consideradas na área de construção detectada. Os resíduos gerados nessas atividades acabam sendo dispostos em locais irregulares.

As reformas, ampliações e demolições, nas raras ocasiões em que são levadas à aprovação dos órgãos municipais, surgem como atividades com pequena área construída, que não representam a elevada geração de resíduos. Estas informações, podem ser obtidas através de agentes coletores, principalmente aqueles organizados na forma de empresas que atuam na cidade.

Quanto aos resíduos removidos de deposições irregulares, estes devem ser obtidos com o setor responsável pelos serviços de limpeza urbana, entretanto, pode ser comum nesses serviços incluir a remoção de outros resíduos, como os volumosos e podas, os dados devem contabilizar apenas a fração relativos aos resíduos de construção e demolição. Após o levantamento dos três indicadores é possível estimar o quantitativo total de RCD produzidos na cidade. O Gráfico 4 apresentado ilustra a média de RCD produzidos em alguns municípios brasileiros.

Gráfico 4 - Origem do RCD em algumas cidades brasileiras (% da massa total)



Fonte: Pinto; González (2005, p.16).

1.2 Reciclagem de RCC e RCD

Conforme (EIGENHEER e FERREIRA, 2011), o impasse que se coloca sobre a reutilização dos resíduos da construção civil decorre, principalmente, pela escala de produção

exigida para que o processamento em usinas de britagem do material seja viável e pela proibição de sua disposição em aterros sanitários, de acordo com a legislação. Em um país com dimensões do Brasil, com diferenças regionais, é difícil, quando não impossível, que a mesma legislação seja aplicada em todos municípios. Na prática, muitos aterros sanitários do país recebem esses resíduos para uso na construção e na manutenção de vias internas e, eventualmente na cobertura dos resíduos.

Estudo sobre aplicação de agregados reciclados oriundos de resíduos de construção e demolição com cimento e cal hidratada desenvolvido no Brasil, através de testes de campo e laboratório comprovaram que agregados provenientes dos resíduos da construção e demolição podem ser utilizados como material de sub-base para pavimentos em locais de tráfego pesado, contudo, limitado ao tráfego municipal, onde a maioria dos veículos consiste em eixos simples e duplo. Os reciclados de resíduos de construção e demolição podem ser classificados como faixa B-C em termos de comportamento de deformação permanente, o que confirma o risco de rompimento usando este material como sub-base para pavimento em locais de tráfego pesado. Contudo, ao adicionar 3% de cimento ou cal ao reciclado de resíduos de construção e demolição, pode ajudar a manter o material na faixa A, demonstrando o efeito da estabilização (BEJA, MOTTA e BERNUCCI, 2020).

Conforme pesquisa desenvolvida por (NUNES, MAHLER, *et al.*, 2007), a tecnologia adotada no Brasil para reciclagem dos resíduos da construção e demolição é simples e exige mão de obra intensiva. Nestes projetos, os equipamentos necessários processam somente as frações minerais e um componente magnético realiza a remoção dos componentes metálicos. As outras frações, excluindo o mineral e os metálicos, são previamente removidos manualmente antes do processo de britagem. As principais etapas no processo de reciclagem das instalações adotadas no país estão sumarizadas no Quadro 1.

Ainda de acordo com (NUNES, MAHLER, *et al.*, 2007) centros de reciclagem de resíduos da construção e demolição, podem ser economicamente viáveis para autoridades públicas dependendo das condições de mercado, variando em função das circunstâncias de cada município, como custos de disposição final em aterro sanitário, gastos envolvidos no transporte de resíduos para o aterro, assim como no preço de aquisição de produtos naturais. Contudo, a viabilidade também depende da operação contínua e capacidade de produção dos centros de reciclagem.

Quadro 1 - Processo de reciclagem de resíduos da construção e demolição

Estágios	Equipamentos
Processo de reciclagem de resíduos da construção e demolição	
Planejamento de perfil granulométrico	Computador, escritório e instrumentos
Recepção de caminhões e medição de peso e volume	Escala (para produção em torno de 100 t/h) e instrumentos
Guia de caminhão até o ponto de descarga	-
Material descarregado inspecionado; inutilizável para grande escala e material contaminado removido	Ferramentas e escavadeira mecânica
Material enviado para linha de separação secundária, onde é limpo	Escavadeira mecânica, correia transportadora e alimentador de correia vibratória
Material enviado para pilha de estocagem	Correia transportadora
Material triturado e classificado	Grande vibratória, correia transportadora, triturador cônico e peneira vibratória
Produto enviado para pilha de estocagem	Correia transportadora
Equipamento adicional	
Trituração, transporte e classificação	Sistema de pulverização de controle de partículas
Operação de equipamentos com rodas	Oficina, lubrificação e tanque de combustível
Operações secundárias	
Manuseio de estoque	Caminhão basculante
Frete	Caminhão basculante

Fonte: Nunes, Mahler, *et al* (2007, p. 1553).

Quanto ao dimensionamento do espaço necessário para instalação de usina de reciclagem de RCD, (JADOVSKI, 2005) realizou visitas técnicas à inúmeras instalações em funcionamento no Brasil, quando foi constatado que a operação de tal atividade demanda de áreas inferiores aos propostos por Wilburn e Goonan (*apud* JADOVSKI, 2005, p. 111), sendo os valores de referência 20.000 m² para usinas de pequeno porte, 40.000 m² para unidades de médio porte e 60.000 m² para empreendimentos de grande porte, cujas capacidades de produção

são 110.000, 253.000 e 312.000 toneladas por ano respectivamente, com base nestas pesquisas, os valores obtidos para cálculo da área estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Área requerida para usina de reciclagem em função da capacidade de produção

Capacidade de Produção tonelada/h	Capacidade de Produção Tonelada/ano	Área Requerida m²
10	21.000	5.000
20	42.000	6.500
30	63.000	8.000
40	84.000	10.000
50	105.000	12.000
75	158.000	16.000
100	210.000	20.000

Fonte: Jadovski (2005, p. 111).

No âmbito da cidade do Rio de Janeiro, foi publicado pregão eletrônico para objeto de contratação de serviços de encerramento técnico com manutenção do CTR – Gericinó e implementação de nova célula para recepção de RCC coletados por empresas credenciadas da COMLURB, com capacidade mínima de 730.000 tonelada, ao longo de 5 anos. Dentre as justificativas apresentadas no Anexo II do edital, é reconhecida a proibição de se encaminhar resíduos da construção civil para as estações de transferências, assim como a inviabilidade econômica em realizar a destinação destes resíduos no CTR – Rio em Seropédica, em virtude da grande distância deste local ao centro de geração de RCC. Reconhece ainda que tais condições ocasionou a dispersão de elevada quantidade de resíduos em locais impróprios, causando impactos ambientais e onerando os cofres públicos. A solução encontrada mais viável foi a implantação e operação de uma célula para destinação destes resíduos no CTR – Gericinó em função da proximidade da zona oeste, assim como a disponibilidade de área (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2019).

Apesar da tentativa de contratação destes serviços, o Tribunal de Contas do Município do Rio de Janeiro (TCMRJ) suspendeu a licitação relativo ao Pregão Eletrônico nº 382/2019. O relator acolheu denúncia da Associação Beneficente dos Amigos, Trabalhadores e Empresários em Remoção, Transporte, Vazamento, Reciclagem de Resíduos Sólidos Inertes do Estado do Rio de Janeiro (Uni Entulho), contra a COMLURB. Dentre as alegações, foi solicitado o fundamento legal para que o pregão ocorresse de forma eletrônica, maiores

esclarecimentos sobre o encerramento do aterro de Gericinó, uma vez que este não opera desde 2014, assim como fundamento legal para previsão de contratação de empresa com experiência apenas em terraplanagem para execução de obra sanitária, supostamente, complexa (TCMRJ, 2019).

1.3 Legislações, Normas e Portarias Relacionadas

De acordo com a Resolução CONAMA N°307 (BRASIL, 2002), os RCC são classificados da seguinte forma:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de obras de infraestrutura, incluindo solos provenientes de terraplanagem, aqueles relativos à construção e demolição, reformas e reparos de edificações, como componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento entre outros), argamassa e concreto, assim como de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) gerados em canteiros de obras.

Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, metais, vidros, madeiras e gesso.

Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que possibilitem sua reciclagem ou recuperação.

Classe D – são resíduos perigosos oriundos de processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde provenientes de demolições, reformas, reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais entre outros, assim como telhas e demais materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), distingue a classificação dos resíduos sólidos em três grupos, como Classe I ou Perigosos, constituídos por aqueles que, isoladamente ou por mistura, em função das suas características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, radioatividade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, ou mesmo efeitos adversos ao ambiente, quando manuseados ou dispostos sem as devidas precauções.

Classe II B ou Inertes, são aqueles que não sofrem solubilização ou que não possui nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, quando são submetidos a teste padrão de solubilização. Por último, Classe II A ou Não Inertes, são os resíduos que não se enquadram em nenhuma das duas classes.

De acordo com RIO DE JANEIRO (Cidade), (2022), os Resíduos Sólidos Inertes (RSI), compreendem os resíduos de entulho de obras da construção civil ou de reformas ou de demolição de imóveis, assim como poda de árvores, limpeza de jardins e hortas, abrangem também os bens imóveis inservíveis e volumosos que não podem ser coletados pelos veículos de coleta convencional.

Conforme § 1º do Art. 4 da Resolução CONAMA N°448, os RCC não podem ser destinados em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei (BRASIL, 2012).

1.3.1 Normas Técnicas

As normas técnicas relacionadas ao tema desta pesquisa estão elencadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Normas técnicas relacionadas

Norma	Definições
NBR 10.004 de 05/2004	Resíduos sólidos – Classificação
NBR 15.112 de 06/2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.113 de 06/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.114 de 06/2004	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.115 de 06/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
NBR 15.116 de 08/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos

Fonte: ABNT (2004).

1.3.2 Legislação Federal

As legislações e resoluções no âmbito federal referenciadas nesta pesquisa estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Instrumentos legais e normativos na esfera nacional

Legislação	Definições
Resolução CONAMA n° 307 de 05/07/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil
Resolução CONAMA n° 348 de 16/08/2004	Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos
Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010	Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Resolução CONAMA n° 448 de 18/01/2012	Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º, 11º da Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.
Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Fonte: Brasil (2002, 2004, 2010, 2012).

1.3.3 Legislação Estadual

As legislações e normas estadual utilizadas neste estudo estão elencadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Instrumentos legais e normativos na esfera estadual

Legislação	Definições
Lei n° 4.191 de 30/09/2003	Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos e dá outras providências
Resolução CONEMA n° 79, de 07 de março de 2018	Aprova a NOP-INEA-35 - norma operacional para o sistema online de manifesto de transporte de resíduos - SISTEMA MTR.

Fonte: Rio de Janeiro (2003, 2018).

1.3.4 Legislação Municipal

As legislações e normas na esfera municipal utilizadas nesta pesquisa estão apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 - Instrumentos legais e normativos na esfera municipal

Legislação	Definições
Lei nº 3.273 de 6 de setembro de 2001	Dispõe sobre a gestão do sistema de limpeza urbana no município do Rio de Janeiro
Decreto nº 27.078, de 27 de setembro de 2006	Institui o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil e dá outras providências
Lei nº 4.969 de 3 de dezembro de 2008	Dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro e dá outras providências
Decreto nº 33.971 de 13/06/2011	Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos da construção civil - RCC em obras e serviços de engenharia realizados pelo Município do Rio de Janeiro, dá outras providências e revoga os arts. 35 e 36 do Decreto nº 27.078, de 27.09.2006
Portaria COMLURB n 2 – N de 29/01/2019	Estabelece as diretrizes para o credenciamento de pessoas jurídicas que desejam prestar serviços de coleta e remoção de resíduos sólidos especiais na Cidade do Rio de Janeiro
Portaria COMLURB Nº 3-R DE 30/09/2021	Estabelece valores a serem praticados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB, na prestação dos Serviços Especiais
Portaria COMLURB Nº 1-N DE 03/02/2022	Estabelece as diretrizes e procedimentos para cadastrar e autorizar pessoas jurídicas a prestar serviços de coleta e remoção de Resíduos de Construção Civil - RCC e Resíduos Sólidos Inertes - RSI na Cidade do Rio de Janeiro
Portaria COMLURB Nº 2-N DE 03/02/2022	Estabelece as diretrizes e procedimentos para cadastrar e autorizar pessoas jurídicas a prestar serviços de coleta e remoção de Resíduos Sólidos Especiais na Cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: Rio de Janeiro – RJ (2001, 2006, 2008, 2011, 2019, 2021, 2022).

2 METODOLOGIA

2.1 Revisão Sistemática da Literatura

Neste item são abordados métodos para realização de pesquisa, assim como procedimentos adotados para a revisão sistemática da literatura (RSL), que serviu de embasamento para construção do referencial teórico, através do planejamento da pesquisa, com objetivo o atendimento aos critérios de pesquisa científica:

Pesquisa é a construção de conhecimento original de acordo com certas exigências científicas. Para que um estudo seja considerado científico, devem ser observados critérios de coerência, consistência, originalidade e objetivação. É desejável que uma pesquisa científica preencha os seguintes requisitos: a existência de uma pergunta a que desejamos responder; a elaboração de um conjunto de passos que permitam chegar à resposta; a indicação do grau de confiabilidade na resposta obtida (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 73).

Nesse contexto, a decisão em realizar uma pesquisa advém da necessidade de compreender e responder aos principais questionamentos sobre a temática a ser estudada. Dessa forma, esse estudo será pautado nos ensinamentos apresentados pelo autor buscando cumprir os requisitos pré-estabelecidos. Essa pesquisa é dividida em três partes fundamentais: introdução, desenvolvimento e conclusão, em cada etapa será utilizada uma metodologia específica, com ferramentas e técnicas de acordo com o objetivo de cada fase.

Desta maneira, o parecer é produto das três etapas, que realiza a integração das áreas do conhecimento relativos à gestão de resíduos da construção civil, afim de produzir o diagnóstico da geração de RCC gerados na cidade do Rio de Janeiro, assim como o mapeamento dos locais autorizados seu descarte, propondo a criação de planta de reciclagem de resíduos e adequação da legislação em vigor.

2.1.1 Escolha das bases de dados científicas e eleição das palavras-chaves

A escolha das bases de dados é um processo de grande importância na RSL, dado que através delas serão apresentadas as referências mais relevantes para a construção da pesquisa.

Visando a obtenção de referenciais bibliográficos que contribuam para maior entendimento do tema abordado nessa pesquisa foram definidas as seguintes Bases de Dados Científicas: *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, Google Acadêmico, *ScienceDirect*, livros e legislações relativas ao tema. Depois da escolha das bases de dados, foram eleitas as palavras-chaves com o intuito de adquirir conteúdo significativo para contextualização do estudo realizado. As palavras-chaves selecionadas foram: Resíduos da construção e demolição, reciclagem, modelo de gestão de resíduos e quantificação.

Após a eleição das palavras-chaves, foi gerada a *string* que foi utilizada na Revisão Sistemática da Literatura. A *string* deve apresentar de forma satisfatória as variáveis de interesse da pesquisa, de forma a propiciar que seja realizada a aquisição de trabalhos significativos para o estudo (KITCHENHAM, 2004).

2.1.2 Armazenamento dos dados e critérios de inclusão e exclusão dos artigos

Os dados foram armazenados em um banco de dados para análise dos arquivos e composição do referencial teórico. Para esse procedimento foram consideradas as seguintes variáveis: idioma dos estudos encontrados, os tipos de pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão de artigos.

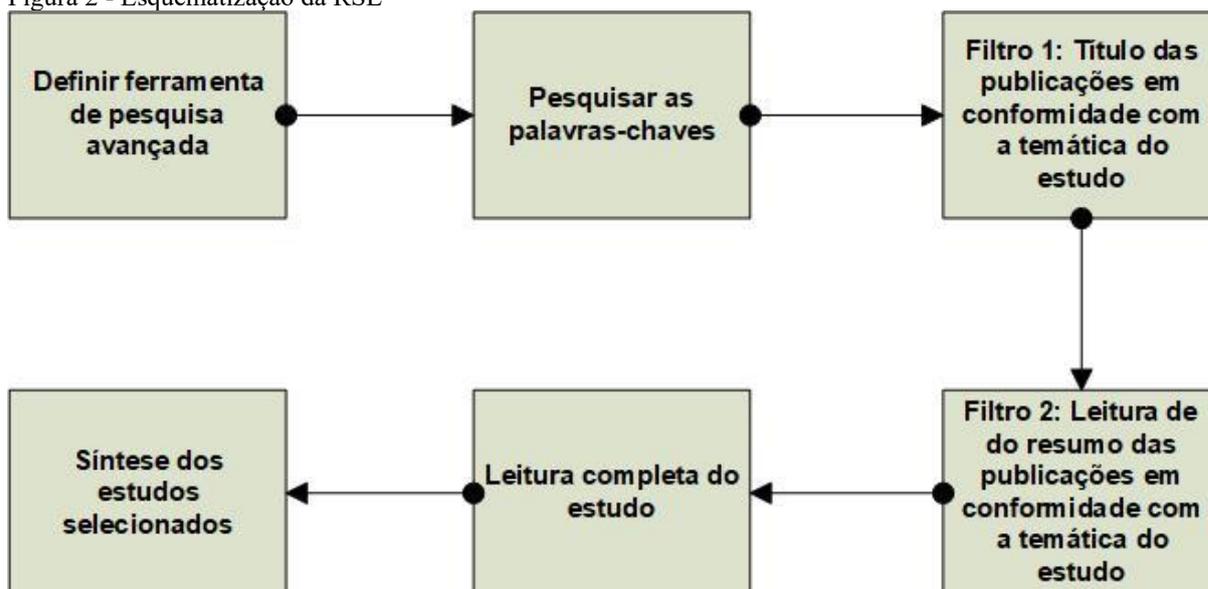
Nessa etapa foram considerados artigos que tiveram publicação nos idiomas português e inglês. Além disso, foram examinados somente arquivos que apresentaram estudo experimental ou estudo de caso. Como critérios de inclusão e exclusão foram definidos que todos os artigos deveriam estar disponíveis na internet e publicação realizada até os dias atuais, considerar também apenas os arquivos que abordam a gestão de resíduos da construção civil ou resíduos de construção e demolição, bem como estudos realizados em outros países, contudo, com foco naqueles desenvolvidos que retratam a situação brasileira.

Cabe destacar que a utilização dos critérios de inclusão e exclusão de artigos foi realizada na leitura do resumo do arquivo. Após a seleção dos documentos, os estudos que compuseram o banco de dados final foram analisados de maneira pormenorizada.

2.1.3 Avaliação e síntese dos artigos selecionados

Os artigos foram avaliados e selecionados conforme apresentaram conteúdos mais significativos para exploração do tema em estudo. Os arquivos escolhidos serão listados nesta dissertação destacando: o(s) autor(es), o título e o ano de publicação do trabalho. Após a listagem dos arquivos, será realizada uma síntese de cada estudo selecionado. A Figura 2 mostra de forma esquematizada as fases que foram seguidas no processo de pesquisa da Revisão Sistemática da Literatura.

Figura 2 - Esquematização da RSL



Fonte: Autor (2022).

Todos estudos foram armazenados em pasta na nuvem, no “*OneDrive*” de maneira tal que possibilite a consulta dos arquivos em qualquer momento, desta forma, tanto o orientador como membros da banca, podem ter acesso às informações utilizadas, ressalta-se ainda, que todos estudos foram devidamente registrados no capítulo de referências bibliográficas. Após a

seleção dos estudos, os títulos são organizados em ordem determinada pelo autor, todos são lidos por completo e são realizadas sínteses de cada artigo, contendo os destaques importantes na pesquisa.

2.2 Resultados da Revisão Sistemática da Literatura

A pesquisa foi realizada em três *websites* de instituições com prestígio no armazenamento de trabalhos publicados, sendo realizada de forma virtual, contudo, também foram utilizados livros físicos, assim como legislações sobre o tema e pesquisas juntamente aos órgãos de controle ambiental. Após a busca dos trabalhos, foi necessário filtrar os estudos, para selecionar informações que contribuam com a dissertação. A escolha dos estudos ocorreu com base em dois critérios: Título da publicação e Resumo. Os estudos deverão atender os requisitos dos dois filtros para que possam ser utilizados na pesquisa.

2.2.1 Busca n Google Acadêmico

Foram selecionados três estudos da base de dados Google Acadêmico, após a leitura dos títulos e dos resumos dos arquivos e da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão de artigos, foram destacadas pesquisas apontadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Resultado da busca no Google Acadêmico

Autores	Título do trabalho	Ano
Cardoso, A.C.F.; Galatto, S.L.; Guadagnin, M.R.	Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem	2014
Bernardes, A.; Thomé A.; Prietto P. D. M.; Abreu A. G.	Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS	2008
Jadovski, Iuri	Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição	2005

Fonte: Autor (2022).

2.2.2 Busca na ScienceDirect

A busca na *ScienceDirect* foi realizada de acordo com as palavras-chaves, foram contemplados todos arquivos sem restrição referente à data de publicação, além de todos os termos utilizados na *string* selecionada para a revisão sistemática da literatura. Como resultado foram selecionados cinco estudos segundo os critérios de inclusão e exclusão, as pesquisas escolhidas estão apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Resultado da busca na *ScienceDirect*

Autores	Título do trabalho	Ano
Nunes, K.R.A.; Mahler, C.F.; Valle, R.; Neves, C.	<i>Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities</i>	2007
Llatas, C.	<i>Methods for estimating construction and demolition (C&D) waste</i>	2013
Ding, T.; Xiao, J.	<i>Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai</i>	2014
Sáez, P. V.; Amores, C. P.; Merino, M. R.	<i>Chapter: 2 Estimation of construction and demolition waste</i>	2020
Beja, I.A.; Motta, R.; Bernucci, L.B.	<i>Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil</i>	2020

Fonte: Autor (2022).

2.2.3 Busca na Scientific Electronic Library Online (SciELO)

Os arquivos obtidos através da pesquisa na *SciELO*, foram examinados considerando todos os elementos da pesquisa, sendo apresentados trinta e quatro resultados, no entanto, após a leitura dos títulos e dos resumos dos arquivos e da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram destacados três estudos, conforme elencado no Quadro 8.

Quadro 8 - Resultado da busca na *Scielo*

Autores	Título do trabalho	Ano
Bessa, S. A. L.; Mello, T.A.G.; Lourenço, K. K.	Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos da construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG	2019
Carmo, D. S.; Maia, N. S.; César, C. G.	Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte	2012
Angulo, S. C. ; Teixeira, C. E.; Castro, A. L.; Nogueira, T. P.	Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação	2011

Fonte: Autor (2022).

2.2.4 Referências complementares

Foram realizadas pesquisas complementares através de órgãos governamentais e livros relativos ao tema, com base nos elementos da pesquisa, após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram destacados o total de oito referências, conforme apontado no Quadro 9.

Quadro 9 - Referências complementares

Autores	Título do trabalho	Ano
Pinto, T. P. ; González, J. L. R.	Manejo e gestão de resíduos da construção civil	2005
Baird, C.; Cann, M.	Química ambiental	2011
Eigenheer, E. M.; Ferreira, J. A.	Lixo e limpeza urbana: entender para educar	2011
Calijuri, M. C.; Cunha, D. G. F.	Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão	2013
Vilhena, A.	Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado	2018
Rio de Janeiro (RJ)	Pregão N° 382/2019 UASG 986001	2019
TCMRJ	TCMRJ suspende licitação para encerramento do aterro de Gericinó	2019
Abrelpe	Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020	2020

Fonte: Autor (2022).

2.3 Pesquisa de Documentos

Inicialmente foram realizadas pesquisas juntamente aos órgãos governamentais a fim de subsidiar com informações relativos ao tema de interesse, como Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação (SMDEIS), Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SMPU), Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

2.4 Quantificação do RCC

Estudos em nível nacional ou regional estimam o montante de RCD dentro de uma determinada área, através de dados e estatísticas governamentais, análise de fluxo de materiais bem como estudos de caso, por meio de observações de campo, registros de cargas de caminhão, pesquisas, entre outros. Seus resultados são apresentados geralmente como quantidade de RCD gerada em um ano (VILLORIA SÁEZ, PORRAS AMORES e RÍO MERINO, 2020).

Neste sentido, foi realizada a coleta de dados para estimar o total de RCC, gerado na cidade do Rio de Janeiro, efetuada através do levantamento na página da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, obtidos por meio das tabelas referente ao Habite-se durante o período de 2006 a 2020, estas informações foram organizadas de acordo com os bairros e área de planejamento da cidade.

A estimativa de geração de RCD, pode ser verificada por meio de indicadores de geração consolidados a partir de três bases de informações, sendo elas: das atividades de área construída – serviços executados e perdas efetivas, da movimentação de cargas por coletores e do monitoramento de descargas nos locais utilizados como destino dos RCD. A consulta a esta última base de informação constitui um processo extremamente dificultoso, seja pela pulverização das descargas no espaço urbano, como pela impossibilidade de acompanhamento físico das descargas (PINTO, 1999).

Este método possibilita compor um indicador de quantificação ao agregar duas parcelas importantes da atividade construtiva urbana, são elas: a construção formal de novas edificações e a execução informal de reformas e ampliações.

A quantificação dos RCC gerados na cidade, foi realizada adotando-se o indicador de geração obtido por Pinto (1999), cuja estimativa é realizada a partir das atividades construtivas

licenciadas, que apontem valores de geração de resíduos na construção formal, através da utilização da taxa de geração de resíduos da construção na ordem de 150 quilograma por metro quadrado construído (PINTO, 1999).

A estimativa da quantidade de geração de RCD a partir da movimentação de cargas por agentes coletores, assim como a estimativa da quantidade de geração de resíduos a partir do monitoramento de deposições clandestinas, não foram realizadas neste estudo. Sendo assim, foi efetuado somente a quantificação de resíduos na construção formal.

2.5 Dados Geração RCC Fornecidos por Órgão de Controle

Foram utilizadas informações da COMLURB sobre o quantitativo de resíduos da construção civil gerados na cidade do Rio de Janeiro, já que este é o órgão responsável pela fiscalização e gestão dos resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade.

Outra fonte de informação utilizada foi o diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos elaborado pelo SNIS, entre o período de 2006 a 2020. O diagnóstico é elaborado com base nas informações compartilhadas pelos municípios que são os titulares dos serviços de saneamento, ao Módulo Resíduos Sólidos do Sistema Nacional de Informações de Saneamento, este é o maior e mais importante ambiente de informações do setor de saneamento brasileiro (SNIS, 2020).

2.6 Aplicação de Testes Estatísticos para Análise dos Dados Referente à Geração de RCC

Será realizada a quantificação da geração de RCC segundo metodologia de Pinto (1999), assim como o levantamento dos totais de produção de resíduos informados pelos órgãos COMLURB e SNIS, os três grupos de dados serão analisados, inicialmente será verificada a condição quanto aos dados seguirem uma distribuição normal, assim como as variâncias serem consideradas iguais, atendidas estas premissas, será aplicado o teste estatístico ANOVA,

considerando dois recortes temporais, o primeiro relativo ao período de 2006 a 2020 e o segundo de 2011 a 2020. Deve ser destacado que essa metodologia de cálculo é empregada quando há três ou mais grupos de dados, onde se deseja verificar se as médias são estatisticamente iguais, desta forma, são testadas a hipótese nula de que todas médias são iguais (FIELD, MILES e FIELD, 2012).

Já para análise estatística entre dois grupos de dados, será verificada a condição quanto aos dados seguirem uma distribuição normal, bem como as variâncias serem consideradas iguais, atendidas estas premissas, será utilizado o teste T, pois esta metodologia de cálculo é aplicada quando há duas amostras de dados coletadas, cujos valores médios amostrais calculados podem diferenciar pouco ou muito (FIELD, MILES e FIELD, 2012). Sendo assim, esta metodologia de cálculo é utilizada para verificar se as médias são estatisticamente iguais ou não. Nesta etapa, também serão utilizados dois intervalos temporais, o primeiro entre 2006 e 2020, já o segundo relativo ao período compreendido entre 2011 e 2020.

A escolha dos dados de geração de resíduos, que será utilizada no dimensionamento da área proposta para implantação da usina de reciclagem de RCC, será o grupo de dados que obtiver a melhor representação de acordo com os resultados dos testes estatísticos, que serão calculados através do Software Minitab versão 16.

2.7 Mapeamento dos Locais Autorizados e Propostos para Descarte de RCC

Foram requeridas informações através da SMDEIS da cidade do Rio de Janeiro, sobre os locais que são autorizados para realizar o descarte dos RCC no município, além das pesquisas através do site governamental. Após verificação destas informações, foi solicitado ao departamento do Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos integrante da Gerência de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental (GERILAM) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), informações sobre o total de RCC que foram recebidos por estes destinadores durante o período de 2018 a 2021, assim como os dados das empresas transportadoras que efetuaram o transporte dos resíduos neste período. Para realizar esse levantamento o órgão ambiental estadual utilizou o Sistema Online de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) aprovado pela resolução CONEMA nº 79 RIO DE JANEIRO (Estado), 2018.

De posse das informações extraídas do sistema MTR que foram compartilhadas pelo INEA, será realizada verificação dos transportadores que são credenciados pela COMLURB para realizar a atividade de remoção de resíduos sólidos inertes na cidade do Rio de Janeiro e divulgadas através de seu site (COMLURB, 2022).

A representação dos destinadores autorizados para o descarte, assim como a proposição de adequação dos locais de recebimento e criação de unidade para reaproveitamento dos RCC, será ilustrada através de mapeamento, utilizando-se o software QGIS versão 3.16.19. Para esta representação, será efetuado o geoprocessamento de imagens do satélite CBERS 04A, cujos arquivos *Raster* possuem resolução espacial de 2,00 m para banda espectral pancromática e 8,00 m para multiespectral. Neste processo, serão produzidas imagens de composição colorida através das bandas espectrais *Red, Green e Blue*, posteriormente, será efetuado o procedimento *Pansharpening* entre a composição colorida e o arquivo *Raster* da banda espectral pancromática a fim de obter uma imagem de Resolução Espacial de 2,00 m.

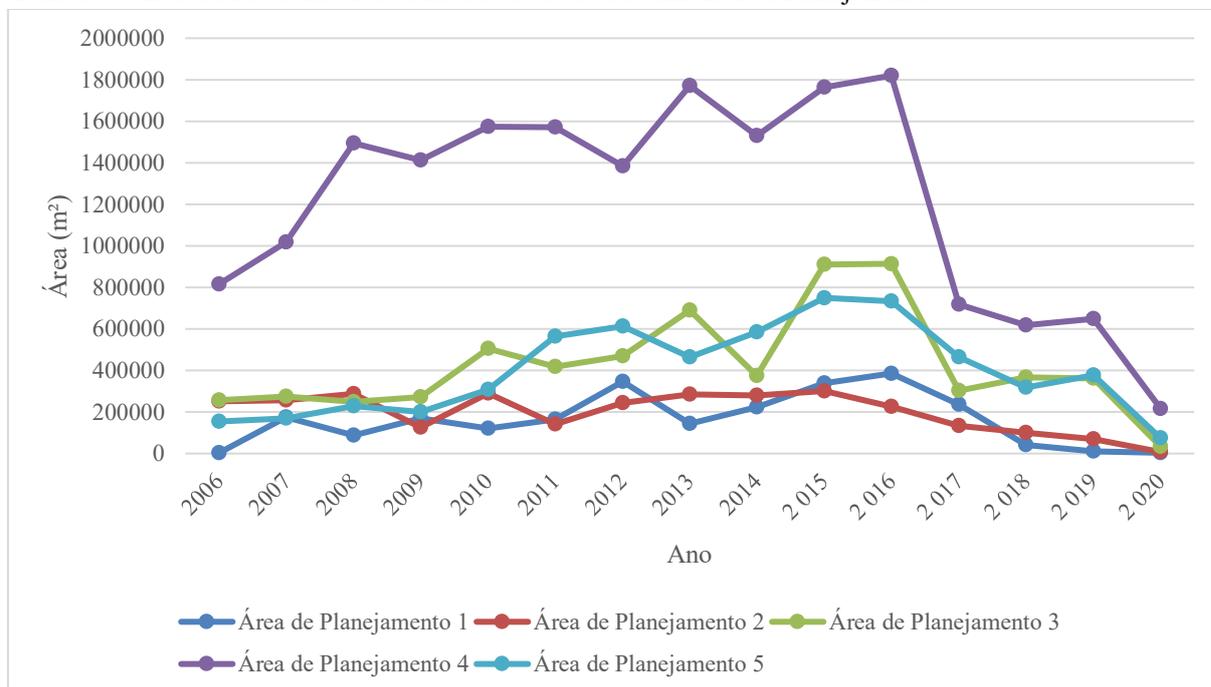
O dimensionamento da área para seleção do local a fim de propor a instalação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, será efetuado segundo critérios adotados por (JADOVSKI, 2005). Sendo o parâmetro de determinação do espaço, os dados apresentados na Tabela 5, destaca-se que será realizada a verificação destes valores a fim de auferir o coeficiente de correlação linear de Pearson (r), assim como a obtenção da equação da reta ajustada. Além deste requisito, serão verificados a disponibilidade de vias de acesso para veículos transportadores de resíduos, assim como a delimitação fora das Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas de acordo com a legislação (BRASIL, 2012).

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Geração de RCC segundo Área de Planejamento da cidade do Rio de Janeiro

Para quantificar o total de RCC, inicialmente foi realizado o levantamento da área total construída obtida através da concessão de Habite-se, de acordo com as informações da página da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da cidade do Rio de Janeiro, sendo o período considerado de 2006 a maio de 2020. No Gráfico 5 está ilustrado a área total de concessão de habite-se de acordo com a Área de Planejamento (AP) da cidade.

Gráfico 5 - Área total de concessão de habite-se de acordo com Área de Planejamento



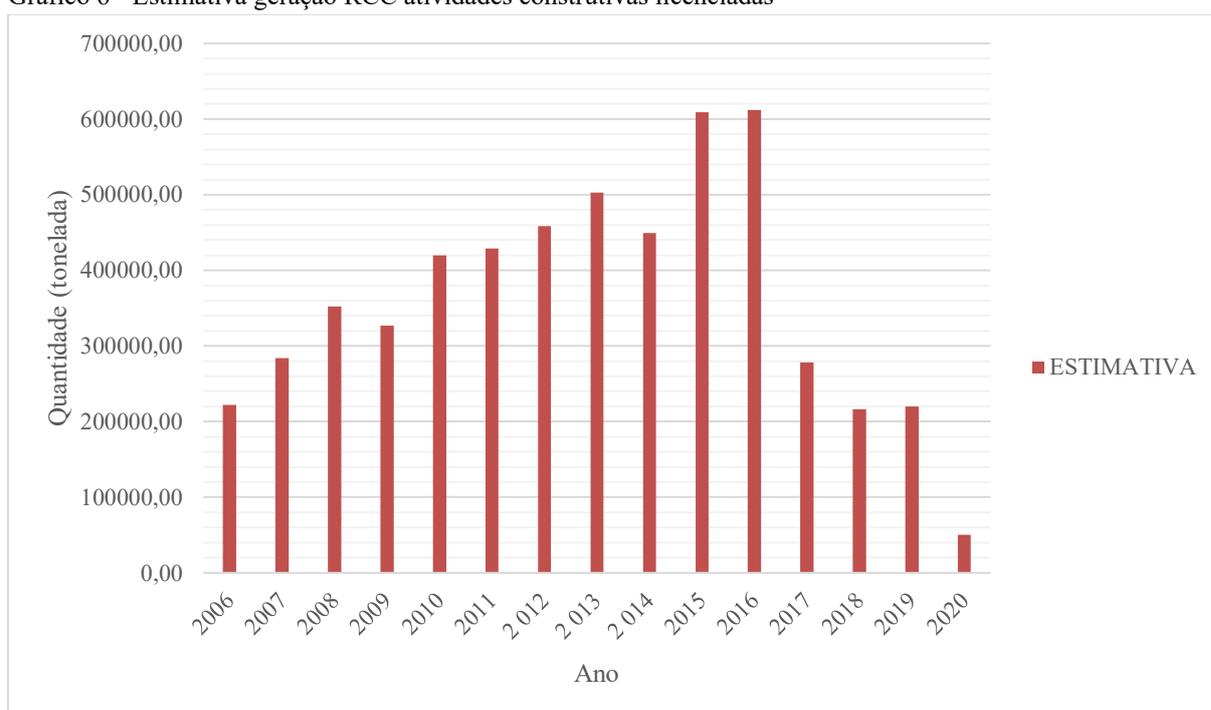
Fonte: Autor com base nos dados SMPU (2006 - 2020).

Conforme pode ser observado no Gráfico 5, ocorreu forte expansão imobiliária em todas regiões da cidade até o ano de 2016, com destaque para a AP 4, que está representada pela linha roxa, nesta região contabilizou 50,70% da área total de Habite-se concedidos, seguidos da AP 3 ilustrada pela linha verde, da AP 5 representada pela cor azul claro, da AP 2 descrita pelo tom vermelho escuro e por último da AP 1 correspondente a tonalidade azul escuro, a área total de Habite-se concedidos destes locais representaram 17,66%, 16,59%, 8,28% e 6,77%

respectivamente. Contudo, a partir de 2017, nota-se uma queda vertiginosa na concessão de habite-se em todas regiões.

A quantificação dos resíduos da construção civil gerados na cidade do Rio de Janeiro pode ser observada no Gráfico 6, que foi calculada adotando-se o indicador de geração obtido por Pinto (1999), cuja estimativa é obtida a partir das atividades construtivas licenciadas, que representam valores de geração de resíduos na construção formal, através da utilização da taxa de geração de resíduos da construção na ordem de 150 quilograma por metro quadrado construído (PINTO, 1999).

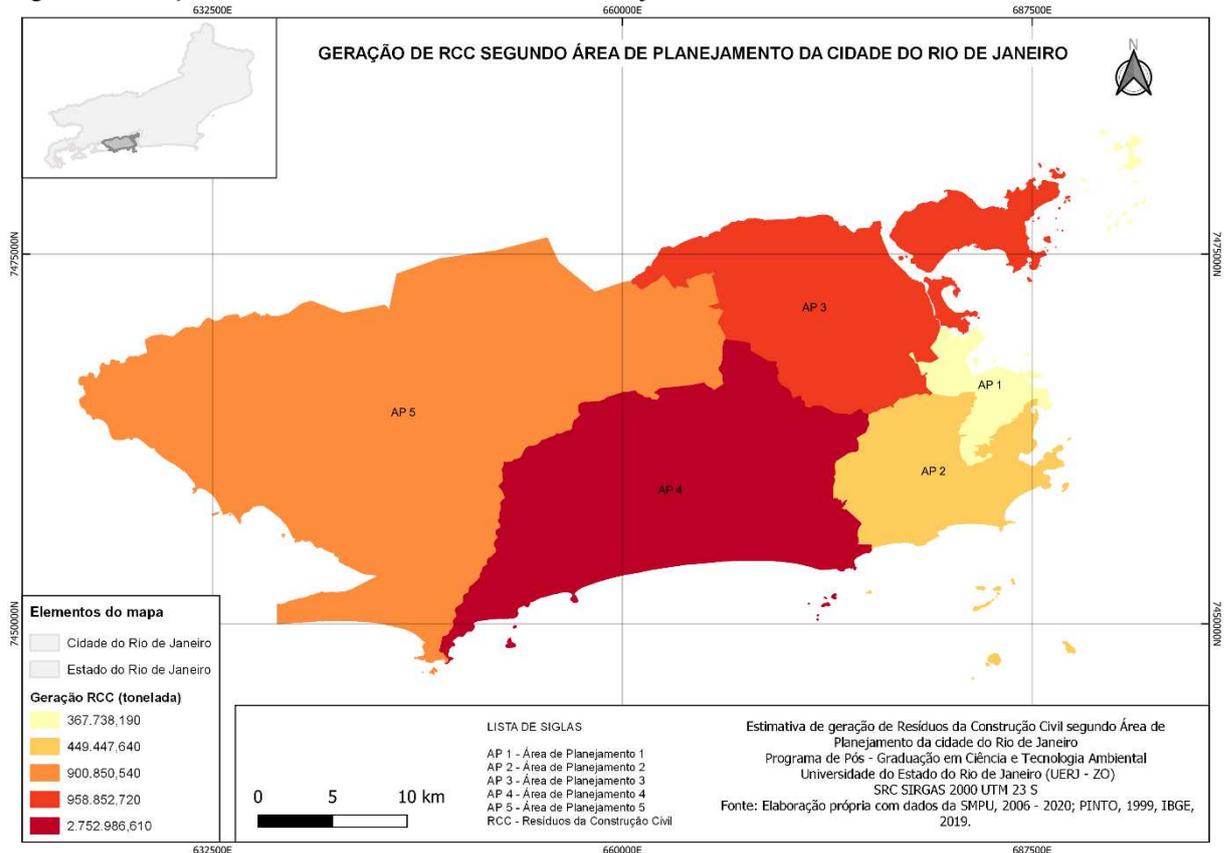
Gráfico 6 - Estimativa geração RCC atividades construtivas licenciadas



Fonte: Autor (2022).

A estimativa da geração de RCC de acordo com a área de planejamento da cidade, pode ser verificada na Figura 3. Observa-se que a maior produção de resíduos foi registrada na AP4, onde foi quantificado 2.752.986,61 toneladas e ilustrada pela cor vermelho escuro, seguidos da AP3 representada pela tonalidade vermelho claro, da AP5 classificada pela cor laranja escuro, da AP2 categorizada pelo tom laranja claro e por último da AP1 descrita pela coloração amarelo, a produção de resíduos da construção civil destas regiões foram 958.852,72 toneladas, 900.850,54 toneladas, 449.447,64 toneladas e 367.738,19 toneladas, respectivamente.

Figura 3 - Geração de RCC de acordo com a Área de Planejamento da cidade



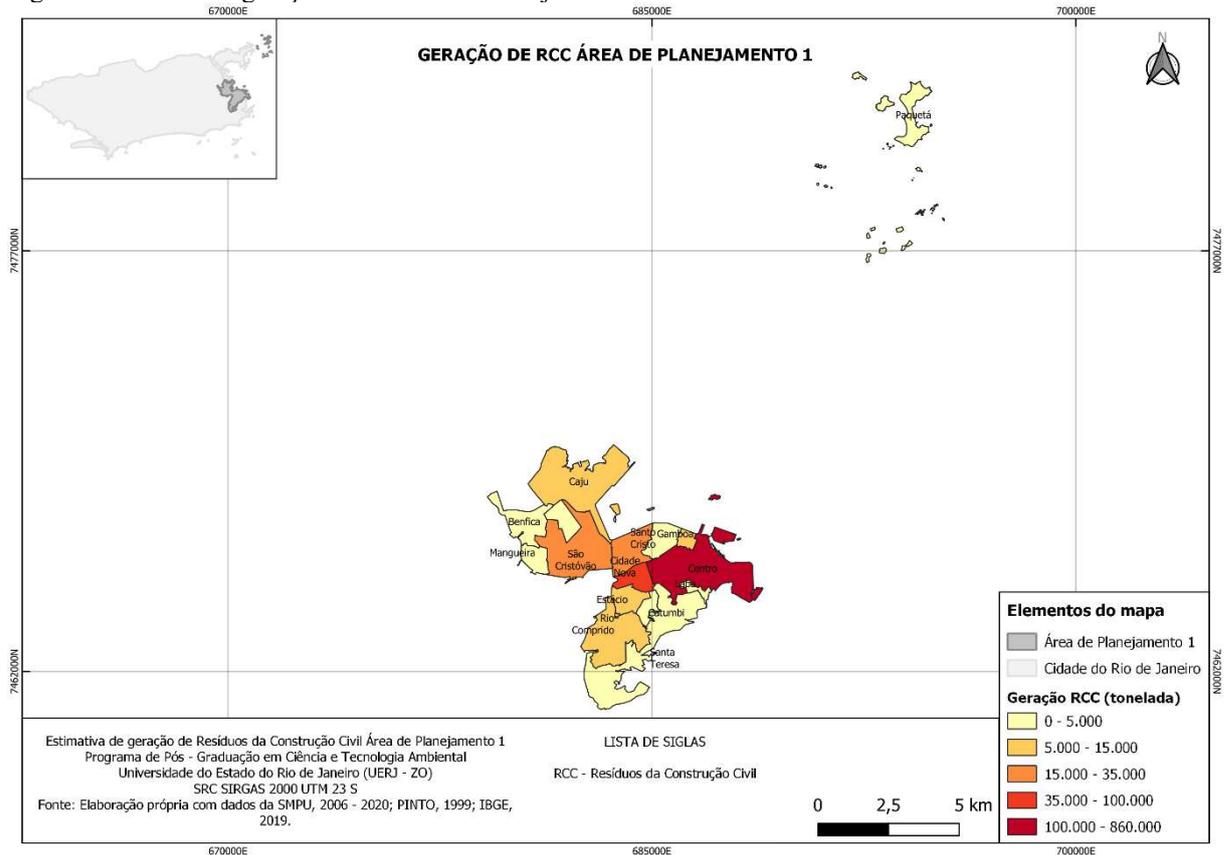
Fonte: Autor (2022).

3.2 Quantificação de RCC Área de Planejamento 1

A estimativa da geração de resíduos da construção civil referente aos bairros da Área de Planejamento 1 pode ser verificada na Figura 4. Como pode ser observado, a maior produção de resíduos registrada foi no Centro que está ilustrado pela tonalidade vermelho escuro, neste bairro foi calculado 178.812,02 toneladas de resíduos, configurando assim o 7º bairro com a maior geração da cidade.

Outro local com geração de resíduos expressiva foi a Cidade Nova representado pela cor vermelho claro, onde foi contabilizado 82.235,46 toneladas de resíduos, sendo assim o 12º bairro com a maior geração do município. Os demais locais obtiveram geração que variou entre 34.426,27 e 202,05 toneladas, sendo o bairro do Catumbi o que registrou a menor produção relativo à região da Área de Planejamento 1.

Figura 4 - Estimativa geração RCC Área de Planejamento 1



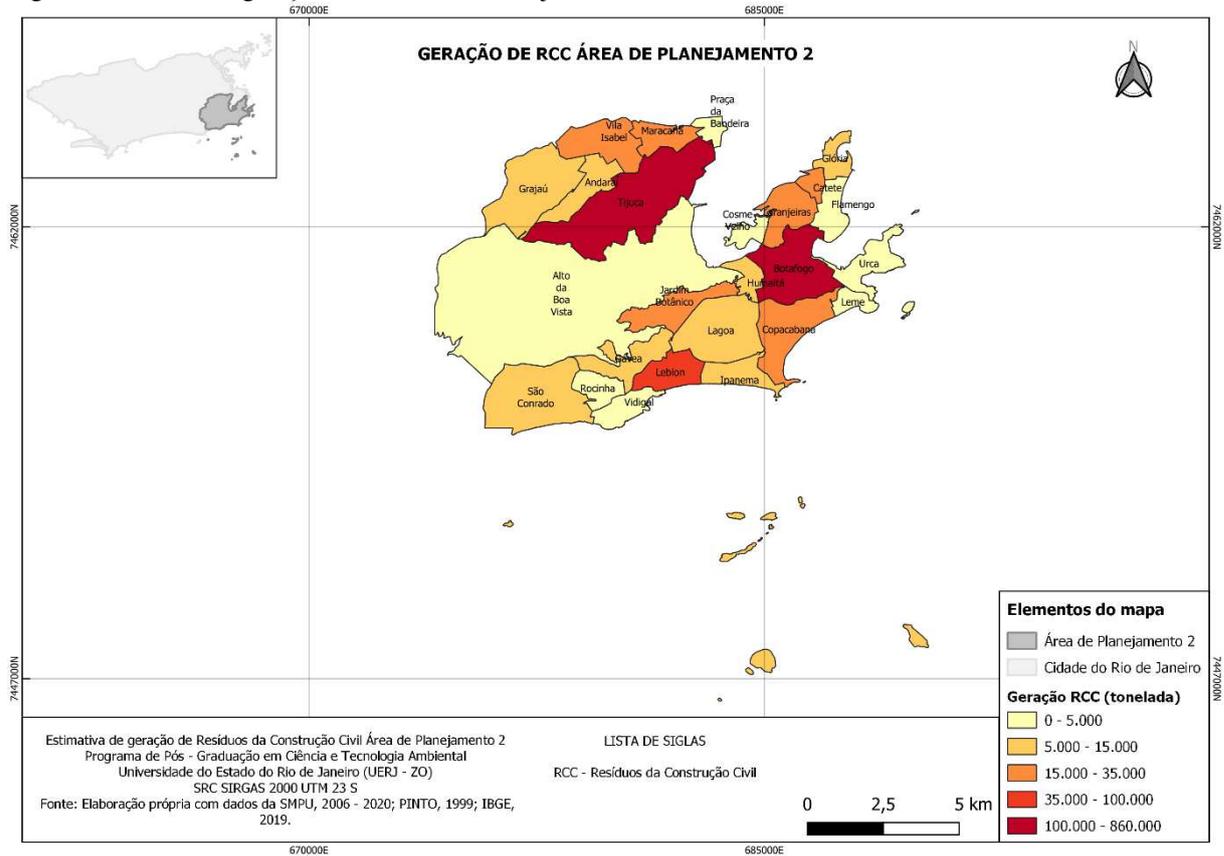
Fonte: Autor (2022).

3.3 Quantificação de RCC Área de Planejamento 2

A estimativa da geração de resíduos da construção civil referente aos bairros da Área de Planejamento 2 pode ser averiguada na Figura 5. Conforme pode ser constatado, as maiores produções registradas foram nos bairros de Botafogo e Tijuca, totalizando 110.165,73 toneladas e 100.938,86 toneladas de resíduos, respectivamente, ambos bairros estão categorizados pela tonalidade vermelho escuro, ressalta-se ainda que estes locais configuram o 9º e 10º bairros com as maiores geração no município.

Quanto às demais regiões, foi registrado produção de resíduos que variou entre 40.201,78 e 28,21 toneladas, sendo o bairro da Rocinha o que contabilizou a menor geração de resíduos entre os bairros da situados na Área de Planejamento 2 da cidade.

Figura 5 - Estimativa geração RCC Área de Planejamento 2



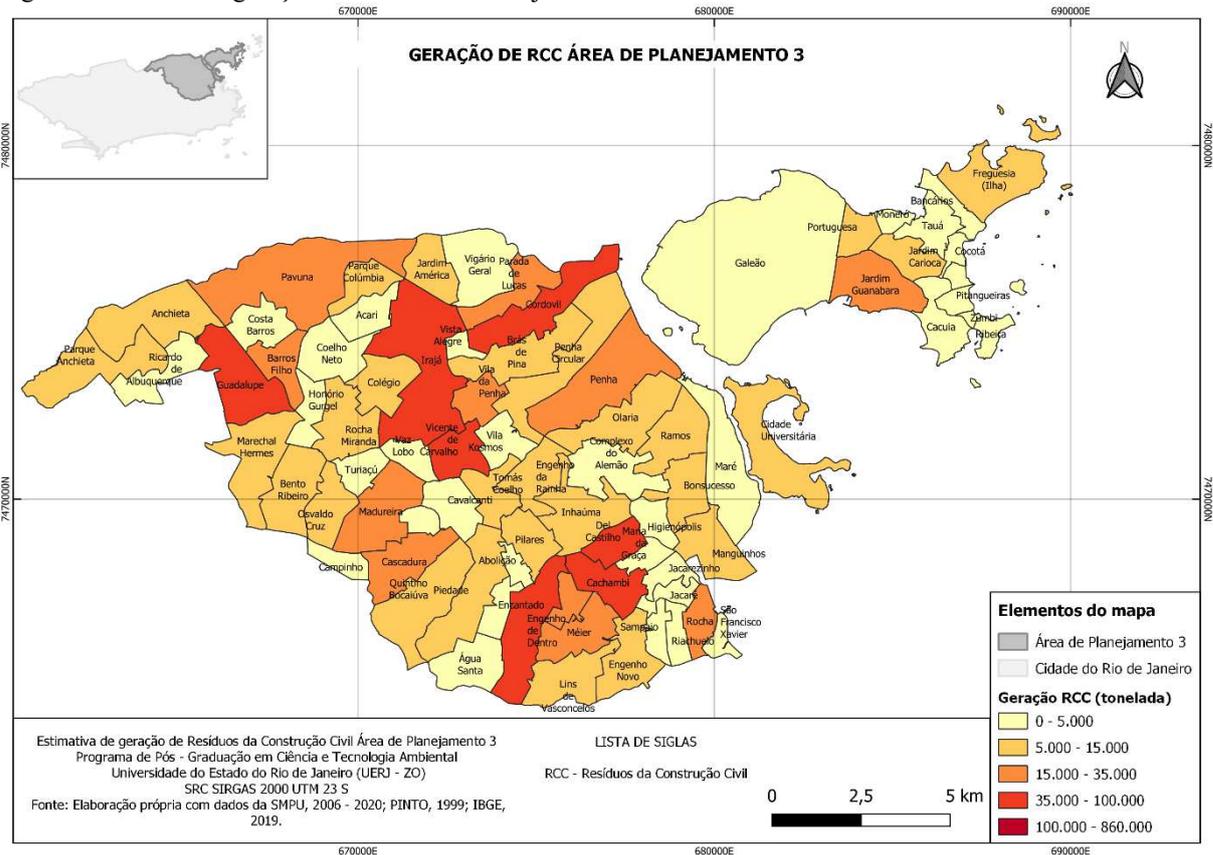
Fonte: Autor (2022).

3.4 Quantificação de RCC Área de Planejamento 3

A estimativa da geração de resíduos da construção civil referente aos bairros da Área de Planejamento 3 pode ser verificada na Figura 6. Como pode ser examinado, as maiores produções registradas foram nos bairros de Del Castilho, Engenho de Dentro, Cordovil, Irajá, Cachambi, Vicente de Carvalho e Guadalupe, com valores de geração que variam entre 69.004,53 e 36.540,00 toneladas de resíduos, estes bairros estão categorizados pela tonalidade vermelho claro.

Quanto às demais regiões, foi registrado produção de resíduos que variou entre 34.918,16 e 79,80 toneladas, sendo o bairro do Jacarezinho o que contabilizou a menor geração de resíduos entre os bairros da situados na Área de Planejamento 3 da cidade.

Figura 6 - Estimativa geração RCC Área de Planejamento 3



Fonte: Autor (2022).

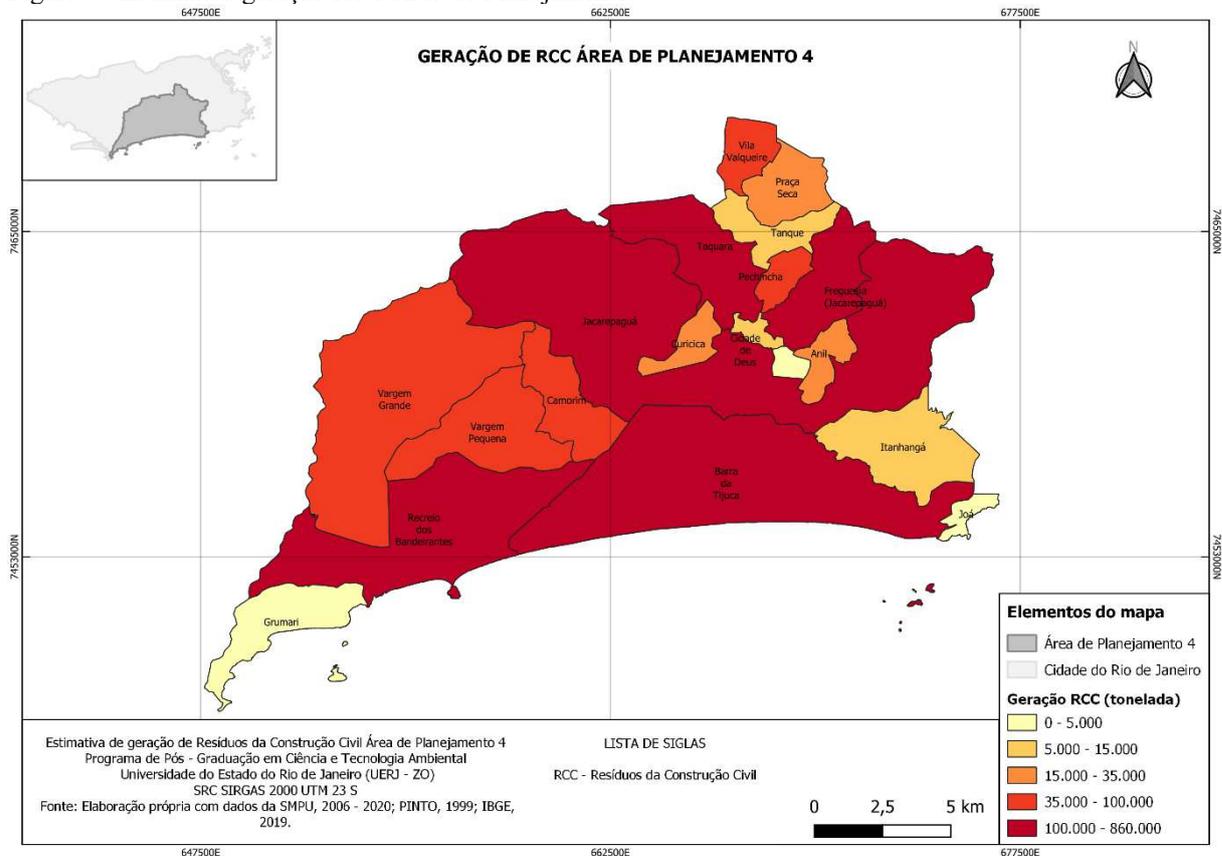
3.5 Quantificação de RCC Área de Planejamento 4

A estimativa da geração de resíduos da construção civil referente aos bairros da Área de Planejamento 4 pode ser analisada na Figura 7. Segundo os valores observados, as maiores produções registradas foram na Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Jacarepaguá, Freguesia e Taquara, com valores de geração que variam entre 857.452,01 e 130.434,94 toneladas de resíduos, o que representou 43,33 % do total de RCC gerados na cidade do Rio de Janeiro entre 2006 e maio de 2020. Estes bairros estão categorizados pela tonalidade vermelho escuro.

O bairro que obteve a maior concessão de Habite-se na cidade do Rio de Janeiro e consequentemente a maior geração de resíduos da construção civil foi a Barra da Tijuca, seguido do Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá. Já a Freguesia e Taquara foram os 5º e 8º bairros com a maior produção e resíduos.

Quanto às demais regiões, foi registrado produção de resíduos que variou entre 87.600,63 e 1.976,97 toneladas, sendo o bairro do Joá o que contabilizou a menor geração de resíduos entre os bairros pertencentes à Área de Planejamento 4 da cidade. Ressalta-se ainda, que não houve registro de estimativa de resíduos da construção civil no bairro de Grumari.

Figura 7 - Estimativa geração RCC Área de Planejamento 4



Fonte: Autor (2022).

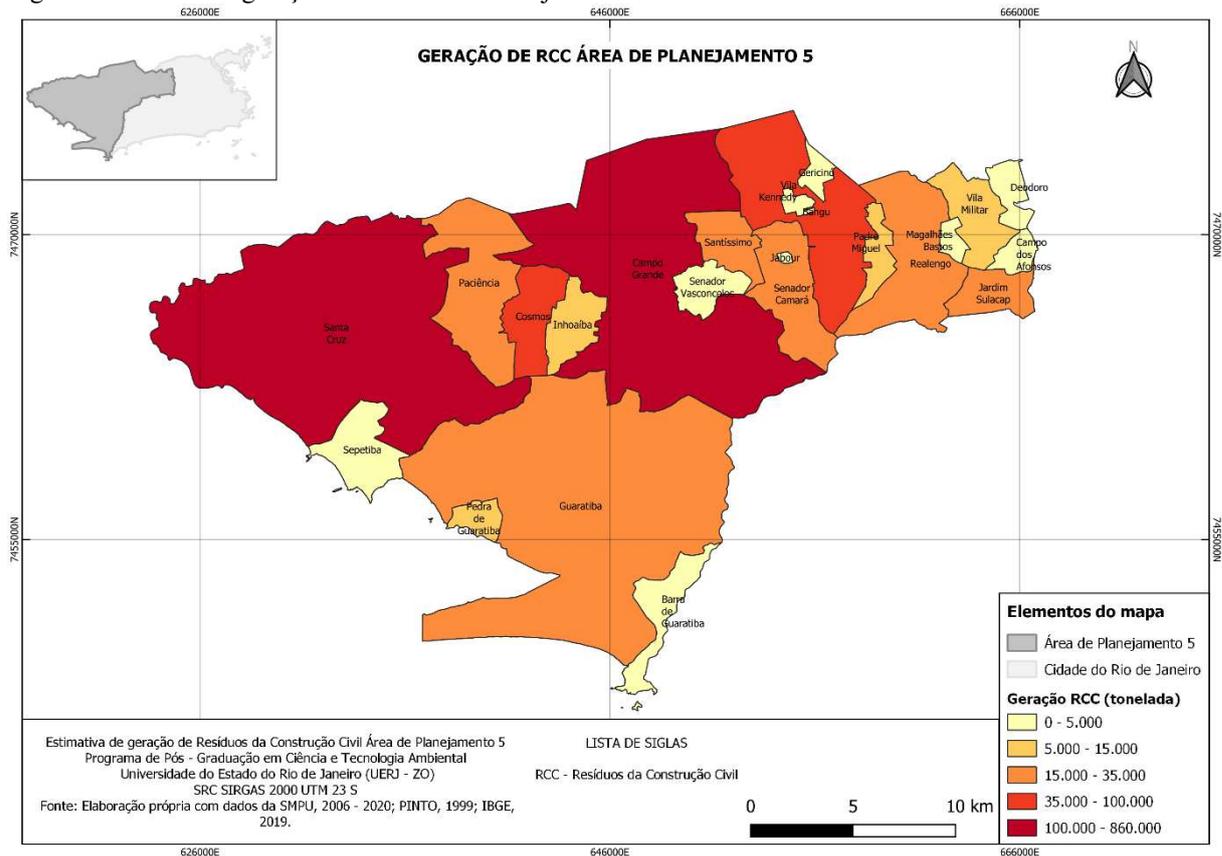
3.6 Quantificação de RCC Área de Planejamento 5

A estimativa da geração de resíduos da construção civil referente aos bairros da Área de Planejamento 5 pode ser verificada na Figura 8. De acordo com a análise constatada, as maiores produções registradas foram em Campo Grande e Santa Cruz com valores de geração de 407.648,50 e 191.128,14 toneladas, respectivamente. Estes bairros estão classificados pela tonalidade vermelho escuro. Destaca-se ainda, que Campo Grande foi o 4º bairro com a maior

geração, contabilizando 7,51 % do total de resíduos da construção civil gerados na cidade, já Santa Cruz representou a 6ª maior produção.

Quanto às demais regiões, foi registrado produção de resíduos que variou entre 59.197,97 e 137,70 toneladas, sendo o bairro de Barra de Guaratiba o que contabilizou a menor geração de resíduos entre os bairros pertencentes à Área de Planejamento 5 da cidade. Destaca-se ainda, que não ocorreu registro de estimativa de resíduos da construção civil no bairro de Gericinó.

Figura 8 - Estimativa geração RCC Área de Planejamento 5



Fonte: Autor (2022).

3.7 Geração de RCC Divulgados Pelos Órgãos de Controle

Foi efetuado o levantamento relativo à geração de resíduos da construção civil produzidos na cidade do Rio de Janeiro juntamente aos órgãos de controle, durante o período de 2006 a 2020. Na Tabela 6 estão apresentados os dados divulgados pela Companhia

Municipal de Limpeza Urbana, já na Tabela 7 estão sumarizadas informações publicadas pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, por meio das publicações dos Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.

Tabela 6 - Quantidade RCC gerado na cidade do Rio de Janeiro segundo COMLURB

Ano	Peso total (tonelada)
2006	678.258,00
2007	514.475,00
2008	640.559,00
2009	615.647,00
2010	394.324,00
2011	419.225,00
2012	316.295,00
2013	212.687,00
2014	229.202,00
2015	217.079,00
2016	104.285,00
2017	76.883,00
2018	66.209,00
2019	19.036,00
2020	19.037,00

Fonte: COMLURB (2021).

Conforme pode ser constatado nas colunas Peso total apresentadas nas tabelas 6 e 7, há divergências quanto aos quantitativos de geração de resíduos. Contudo, apesar de tais inconsistências, tratam-se de informações oficiais dos órgãos de fiscalização e controle, sendo assim, estas são as melhores fontes de dados existente.

Tabela 7 - Quantidade RCC gerado na cidade do Rio de Janeiro segundo SNIS

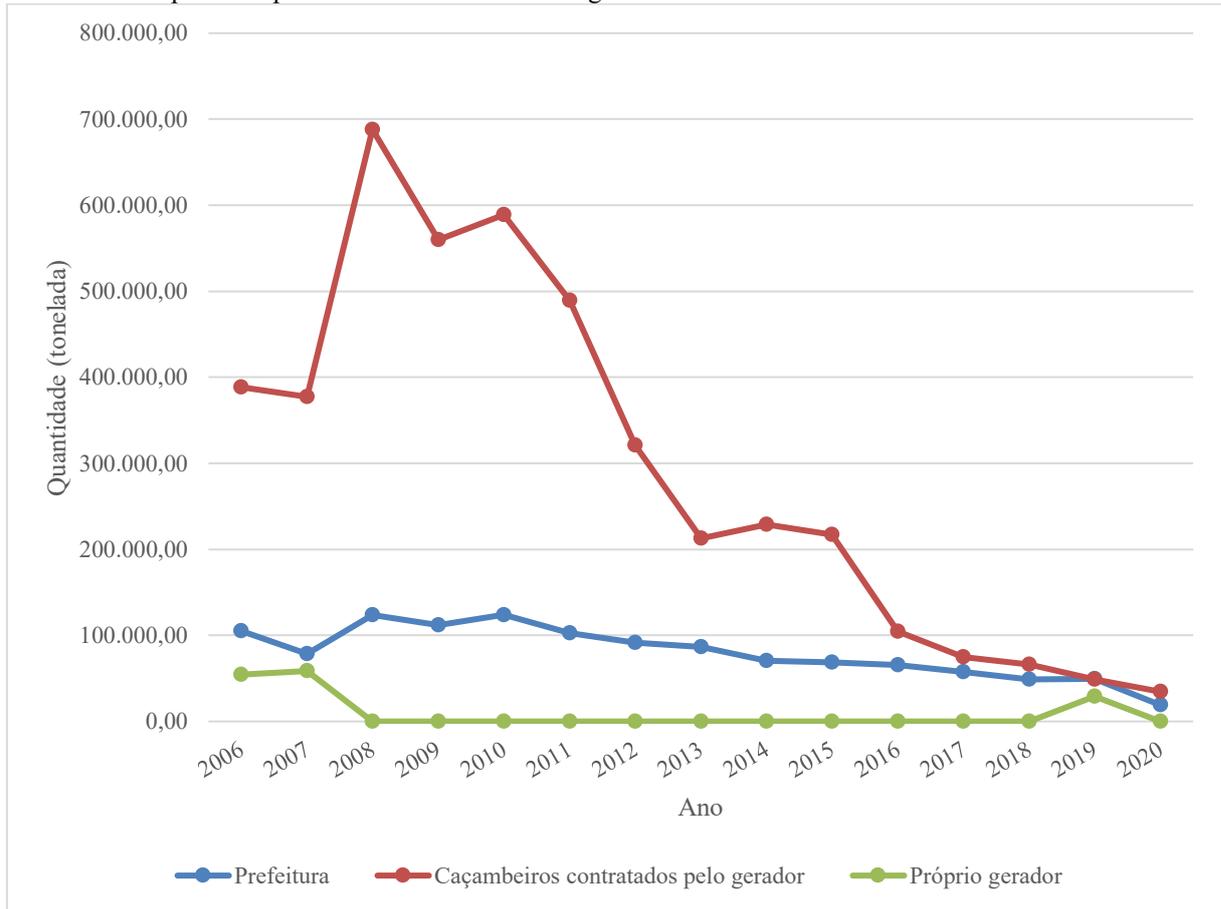
Ano	Prefeitura ou coletado por ela (tonelada)	Caçambeiros e autônomos contratado pelo gerador (tonelada)	Próprio gerador (tonelada)	Peso total (tonelada)
2006	105.410,10	388.788,60	54.555,40	548.754,10
2007	78.501,00	377.350,00	58.623,00	514.474,00
2008	123.998,33	688.119,39	0,00	812.117,72
2009	112.221,90	559.840,60	0,00	672.062,50
2010	124.005,70	588.996,00	0,00	713.001,70
2011	102.576,00	489.391,00	0,00	591.967,00
2012	91.292,00	321.100,00	0,00	412.392,00
2013	86.392,00	212.687,00	0,00	299.079,00
2014	70.549,00	229.202,00	0,00	299.751,00
2015	68.634,00	217.079,00	0,00	285.713,00
2016	65.715,00	104.294,00	0,00	170.009,00
2017	57.849,00	74.709,00	0,00	132.558,00
2018	48.882,00	66.225,00	0,00	115.107,00
2019	49.238,00	48.896,00	28.840,00	101.018,00
2020	19.036,00	34.564,00	0,00	53.600,00

Fonte: SNIS (2006-2020).

De acordo com o que pode ser analisado no Gráfico 7, a partir de 2011 é possível ser constatado que ocorreu queda expressiva referente a quantidade de resíduos da construção civil recolhidos por caçambeiros contratados pelo próprio gerador, informação ilustrada pela curva vermelho escuro. Quanto à totalidade de resíduos coletados pela prefeitura, cujos valores estão representados pela linha azul escuro, consegue ser verificado que houve pouca variação.

Por último, sobre a quantia de resíduos destinados pelo próprio gerador, dos quais os dados estão descritos pela tonalidade verde, somente em 2006, 2007 e 2019 estes resíduos foram descartados pelo próprio gerador.

Gráfico 7 - Responsável pelo recolhimento de RCC segundo SNIS



Fonte: Autor com base nos dados SNIS (2006-2020).

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi realizada a análise estatística dos dados de geração de resíduos da construção civil produzidos na cidade do Rio de Janeiro que foram estimados e apresentados no Gráfico 6, também foram avaliadas as informações de geração de RCC obtidas pela COMLURB e SNIS apresentados na Tabela 6 e Tabela 7 respectivamente, para possibilitar tal análise, foi aplicado o teste estatístico ANOVA. Ressalta-se que essa metodologia de cálculo é empregada quando há três ou mais grupos de dados, onde se deseja verificar se as médias são estatisticamente iguais, sendo assim, são testadas a hipótese nula de que todas médias são iguais (FIELD, MILES e FIELD, 2012).

Para aplicar o teste estatístico foram definidas as hipóteses nula e alternativa, utilizando dois recortes temporais, o primeiro relativo ao período entre 2006 e 2020, e o segundo referente ao intervalo de 2011 a 2020, estabelecendo-se um intervalo de confiança de 95%, desta forma, foram determinadas as seguintes hipóteses:

H_0 → Os valores médios de geração de RCC para os três grupos de dados são iguais;

H_1 → Os valores médios de geração de RCC para os três grupos de dados não são iguais.

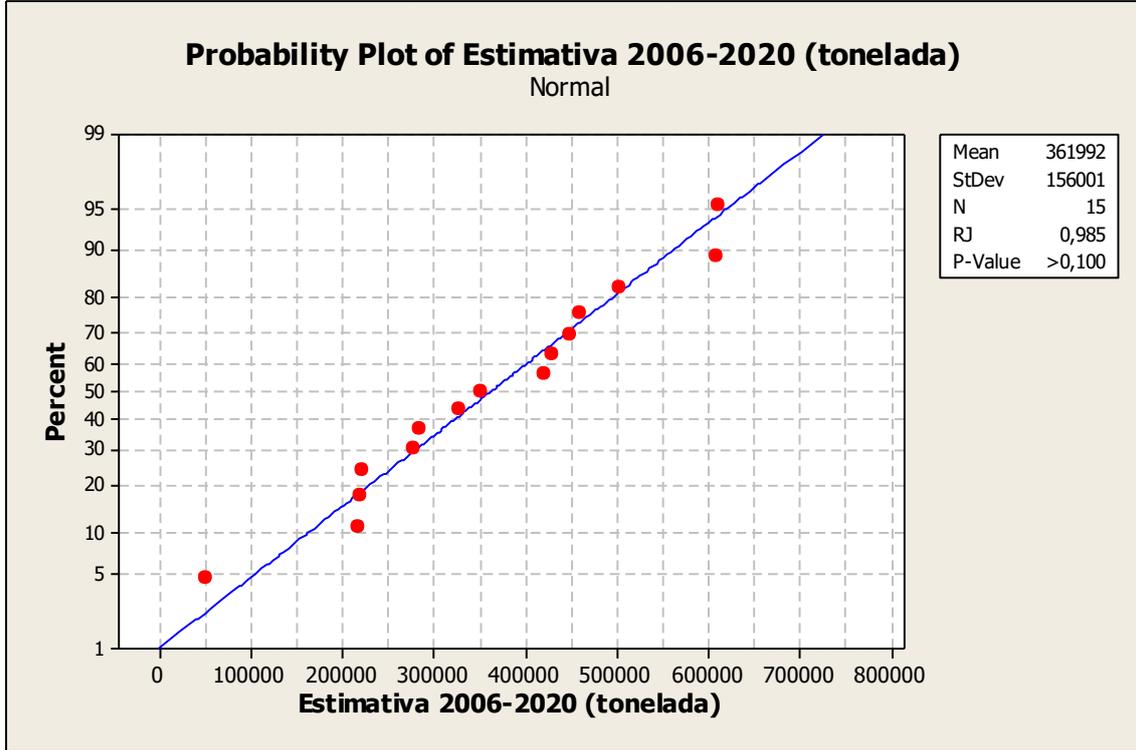
4.1 Aplicação Teste Estatístico ANOVA Período 2006 a 2020

Inicialmente foi efetuado o teste de normalidade, estabelecendo um índice de significância de 5%. Uma distribuição normal é caracterizada por uma curva em forma de sino, cuja forma implica que a maioria das amostras está em torno do centro da distribuição (FIELD, MILES e FIELD, 2012). Desta forma, foi aplicado o teste estatístico Ryan-Joiner para os grupos de dados referente à geração de RCC estimados, divulgados pela COMLURB e pelo SNIS, cujos resultados estão apresentados nos Gráficos 8, 9 e 10, respectivamente, sendo determinadas as seguintes hipóteses:

H_0 → Os valores seguem uma distribuição normal;

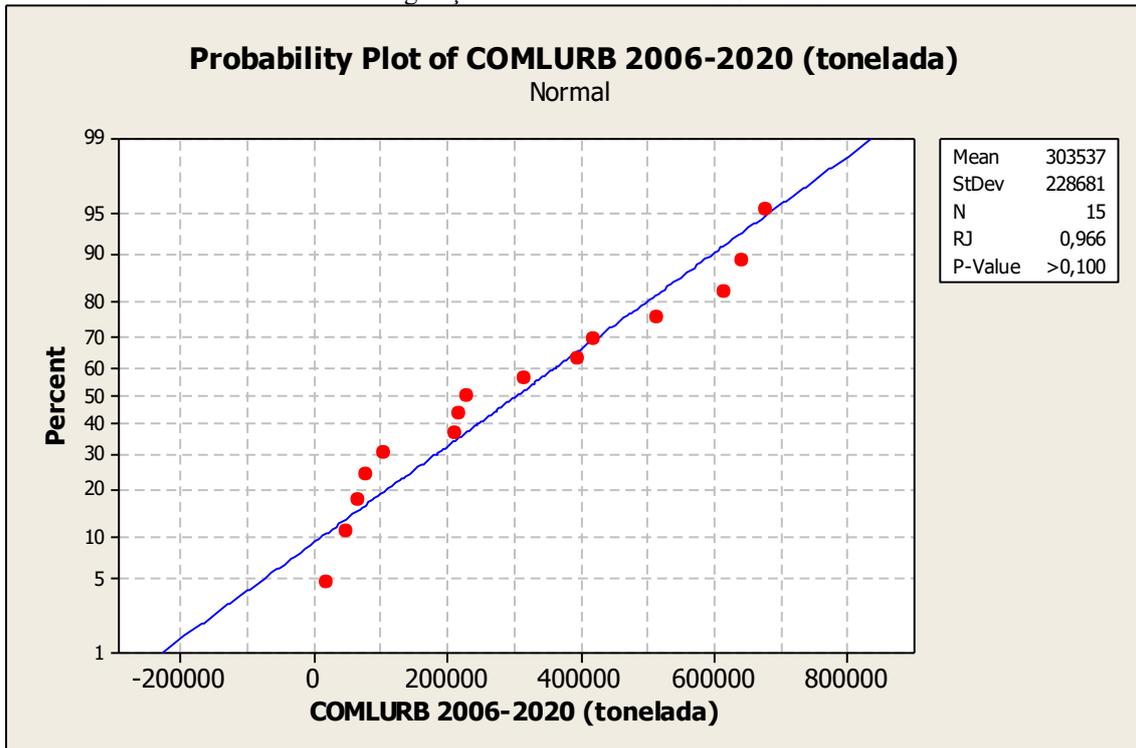
$H_1 \rightarrow$ Os valores não seguem uma distribuição normal.

Gráfico 8 - Teste normalidade dados geração RCC estimados período 2006 a 2020



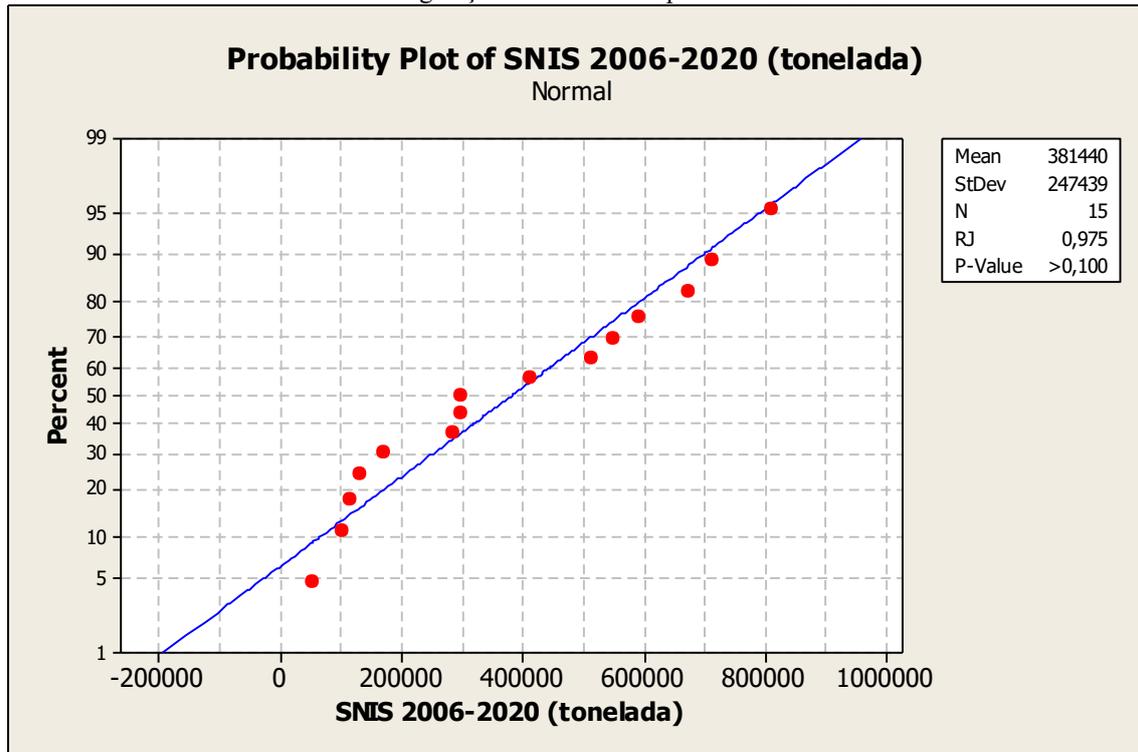
Fonte: Autor (2022).

Gráfico 9 - Teste normalidade dados geração RCC COMLURB 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Gráfico 10 - Teste normalidade dados geração de RCC SNIS período 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Segundo o que pode ser observado nas informações dos Gráficos 8, 9 e 10, o valor de P foi maior do que 0,1, sendo assim, superior ao índice de significância que é 0,05, logo, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada. Desta forma, pode ser afirmado com índice de significância de 5% que os valores de geração de RCC para o período de 2006 a 2020 referente ao método de estimativa, assim como os dados divulgados pela COMLURB e pelo SNIS seguem uma curva normal.

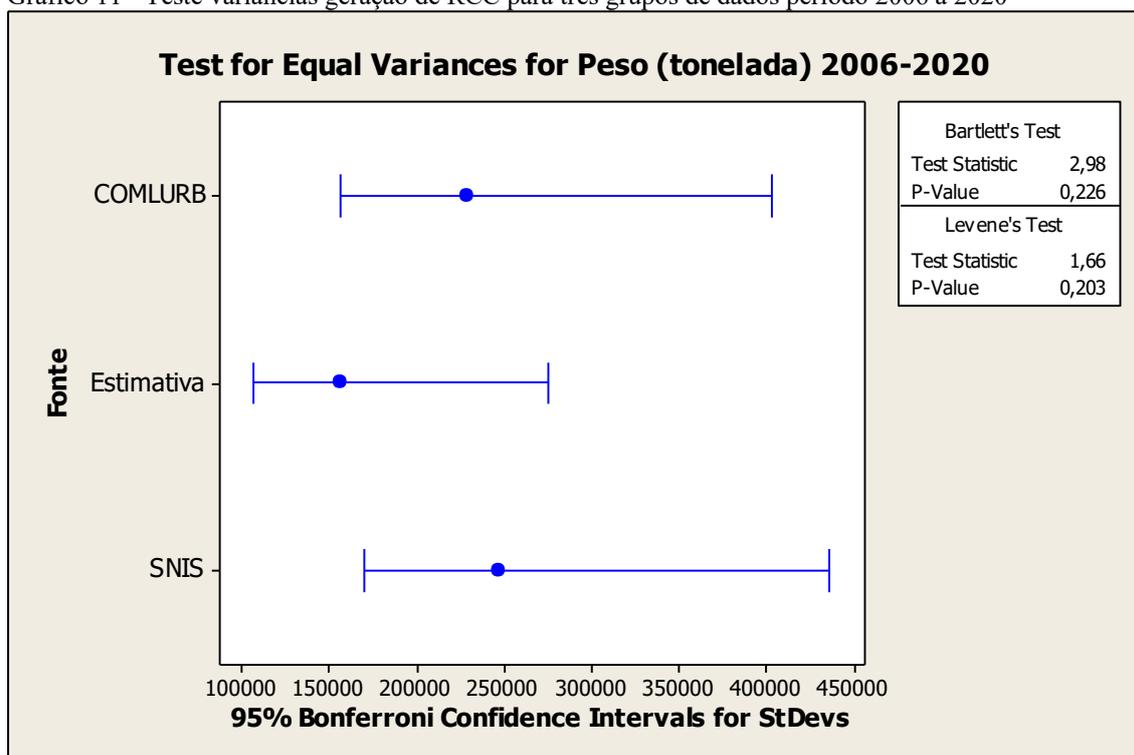
Verificada a condição dos dados seguirem uma distribuição normal, foram checados se os valores das variâncias para os três grupos de dados podem ser considerados iguais, utilizando o índice de significância de 5% foram estabelecidas seguintes hipóteses:

H_0 → As variâncias podem ser consideradas iguais;

H_1 → As variâncias não podem ser consideradas iguais.

Após aplicação do teste para verificação das variâncias relativos aos três grupos de dados, segundo o intervalo de confiança de 95%, o resultado verificado para o P Valor do teste F foi 0,226, conforme Gráfico 11, logo, superior ao índice de significância que é 0,05, sendo assim, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada, portanto, pode ser atestado com índice de significância de 5% que as variâncias para os três grupos de dados são consideradas iguais.

Gráfico 11 - Teste variâncias geração de RCC para três grupos de dados período 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Atendidas as condições dos dados seguirem uma curva normal e possuírem variâncias iguais, foi aplicado o teste estatístico ANOVA para o período compreendido entre 2006 a 2020, estabelecendo como intervalo de confiança o índice de 95%, os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 8 e no Gráfico 12.

Tabela 8 - Indicadores estatístico teste ANOVA para geração de RCC 2006 a 2020

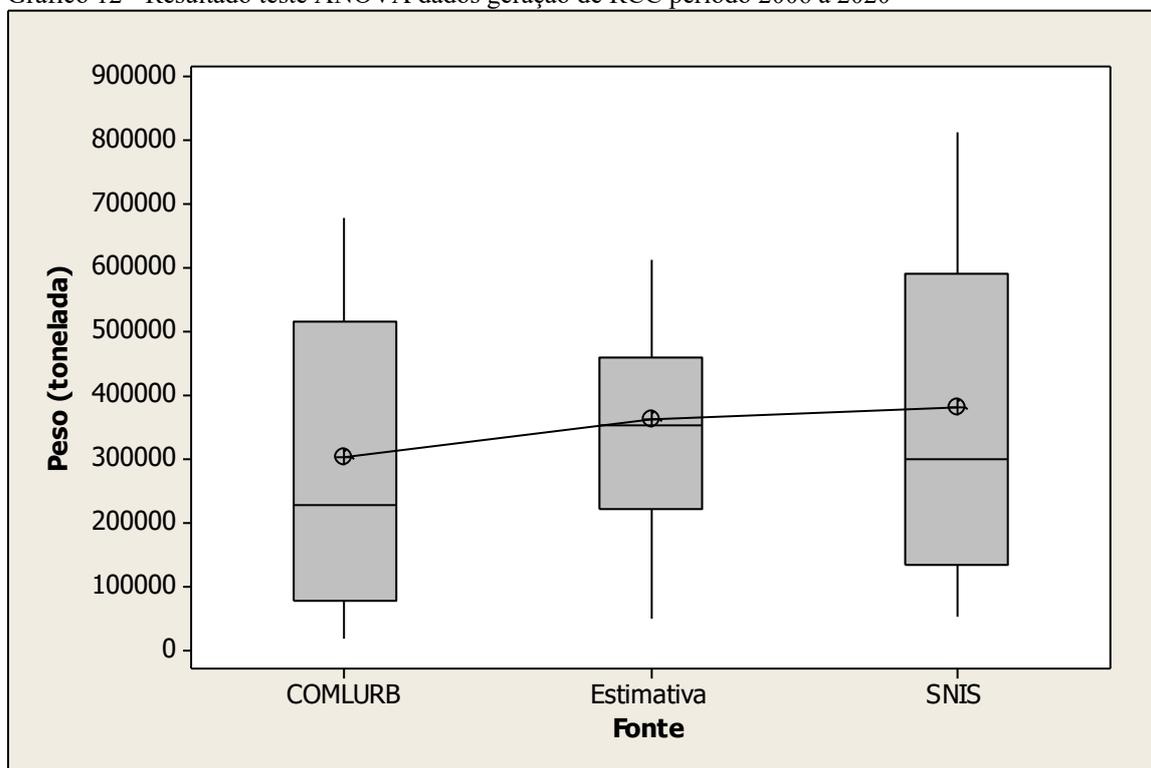
Fonte	Média (tonelada)	Desvio padrão (tonelada)
COMLURB	303.537,00	228.681,00
ESTIMATIVA	361.992,00	156.001,00
SNIS	381.440,00	247.439,00

Fonte: Autor (2022).

Como pode ser visualizado do Gráfico 12, os valores médios dos três grupos de dados estão próximos, sendo que esta interpretação pode ser validada de acordo com o resultado do teste ANOVA, onde foi obtido o valor de P igual a 0,589, portanto, maior do que o índice de

significância que é 0,05, desta forma, não deve ser rejeitado a hipótese H_0 . Sendo assim, pode ser afirmado com nível de significância de 5% que os valores médios de geração de RCC para os três grupos de dados são iguais.

Gráfico 12 - Resultado teste ANOVA dados geração de RCC período 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Apesar da quantidade média de geração de RCC relativos aos dados da COMLURB, estimados e do SNIS serem estatisticamente iguais, vale ressaltar que o valor do desvio padrão referente ao grupo de dados da estimativa foi inferior aos demais, conforme informações apresentadas na Tabela 7, em termos percentuais, o valor do desvio padrão para estimativa representou 43,10% em relação a própria média, já para a COMLURB e SNIS foram 75,34 % e 64,87 % respectivamente.

Segundo (FIELD, MILES e FIELD, 2012), pequenos desvios padrão indicam que os pontos da amostra estão próximos da média, ou seja, a média é uma representação precisa dos dados. Já grandes desvios padrão, demonstram que os pontos estão distantes da média, logo, não é uma representação precisa dos dados, deste modo, pode-se afirmar que os valores estimados são uma representação mais precisa dos dados em relação demais.

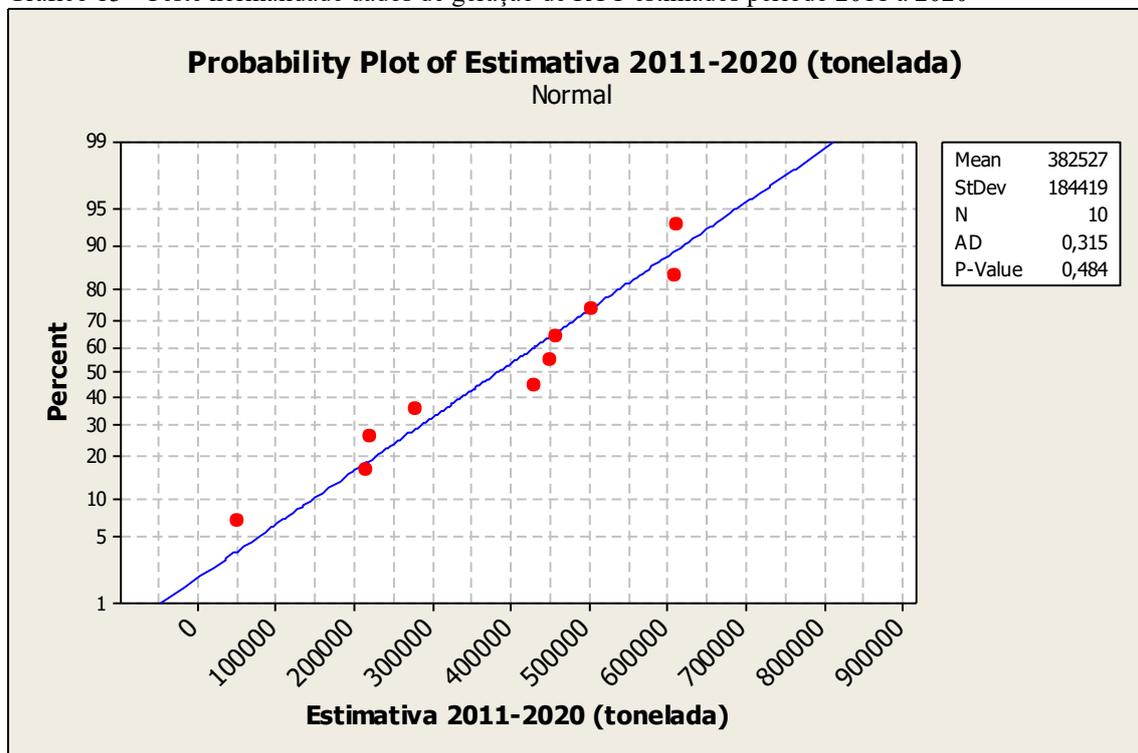
4.2 Aplicação Teste Estatístico ANOVA Período 2011 a 2020

Inicialmente foi efetuado o teste de normalidade, estabelecendo um índice de significância de 5%, para os grupos de dados referente à geração de RCC estimados, divulgados pela COMLURB e pelo SNIS, cujos resultados estão apresentados nos Gráficos 13, 14 e 15, respectivamente, sendo determinadas as seguintes hipóteses:

H_0 → Os valores seguem uma distribuição normal;

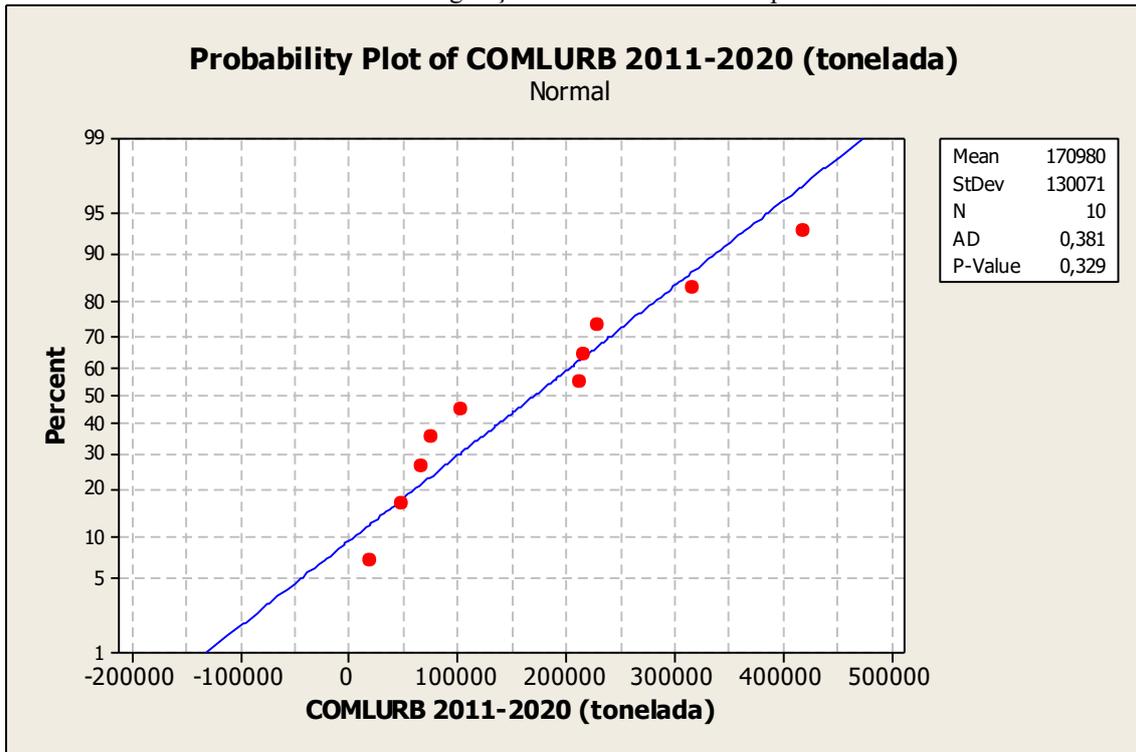
H_1 → Os valores não seguem uma distribuição normal.

Gráfico 13 - Teste normalidade dados de geração de RCC estimados período 2011 a 2020



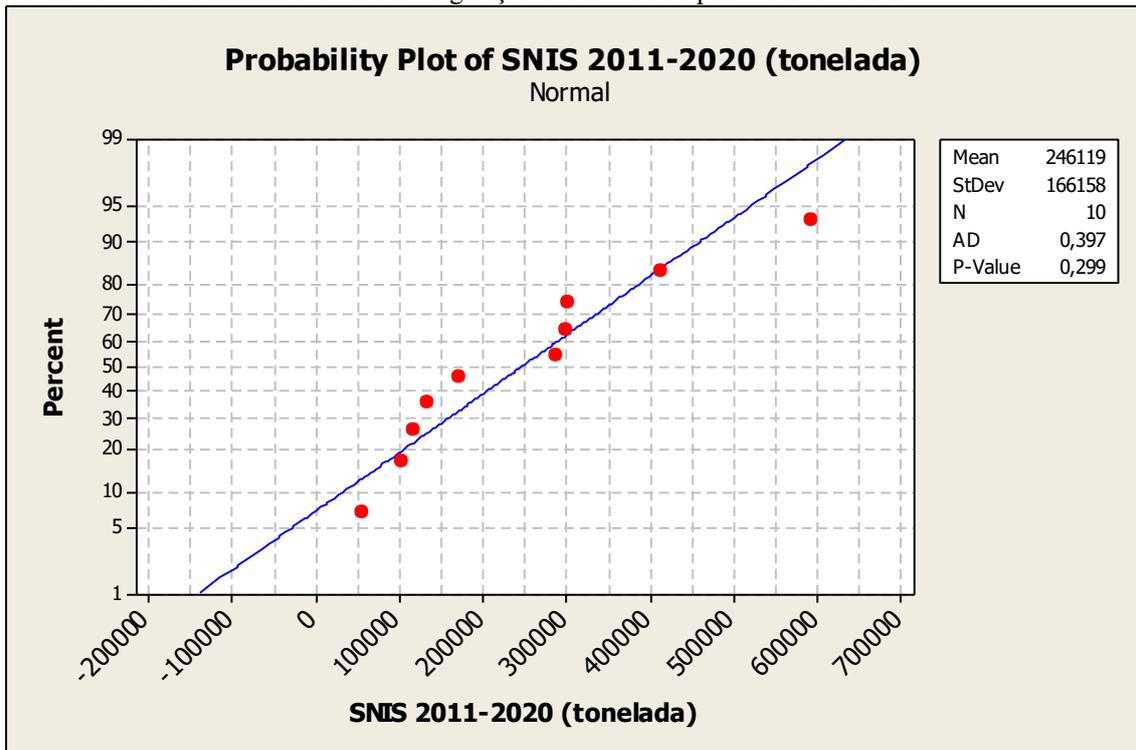
Fonte: Autor (2022).

Gráfico 14 - Teste normalidade dados de geração de RCC COMLURB período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Gráfico 15 - Teste normalidade dados de geração de RCC SNIS período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

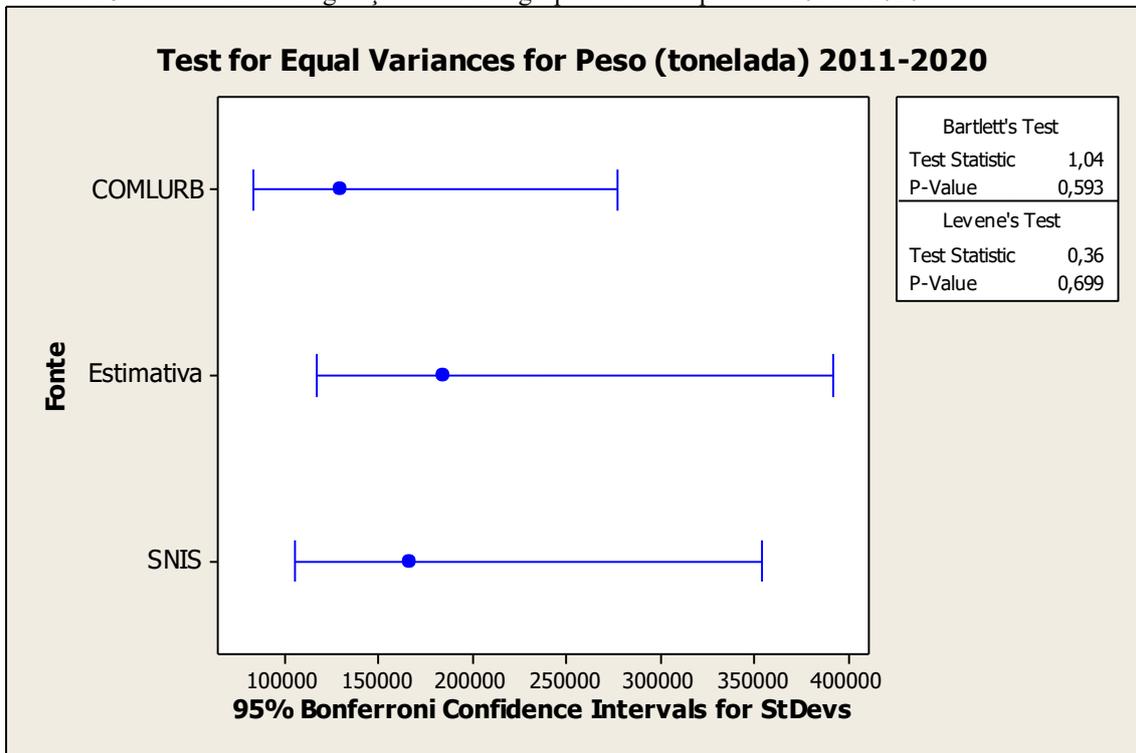
Após confirmada a condição dos dados seguirem uma distribuição normal, foram checados se os valores das variâncias para os três grupos de dados podem ser considerados iguais, utilizando o índice de significância de 5% foram estabelecidas seguintes hipóteses:

H_0 → As variâncias podem ser consideradas iguais;

H_1 → As variâncias não podem ser consideradas iguais.

Após aplicação do teste para verificação das variâncias relativos aos três grupos de dados, segundo o intervalo de confiança de 95%, o resultado verificado para o P Valor do teste F foi 0,593, conforme Gráfico 16, logo, superior ao índice de significância que é 0,05, sendo assim, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada, portanto, pode ser atestado com índice de significância de 5% que as variâncias para os três grupos de dados são consideradas iguais.

Gráfico 16 - Teste variâncias geração RCC três grupos de dados período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Atendidas condições dos dados seguirem uma distribuição normal e possuírem variâncias iguais, foi aplicado o teste estatístico ANOVA para o período compreendido entre 2011 a 2020, estabelecendo como intervalo de confiança o índice de 95%, os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 9 bem como no Gráfico 17.

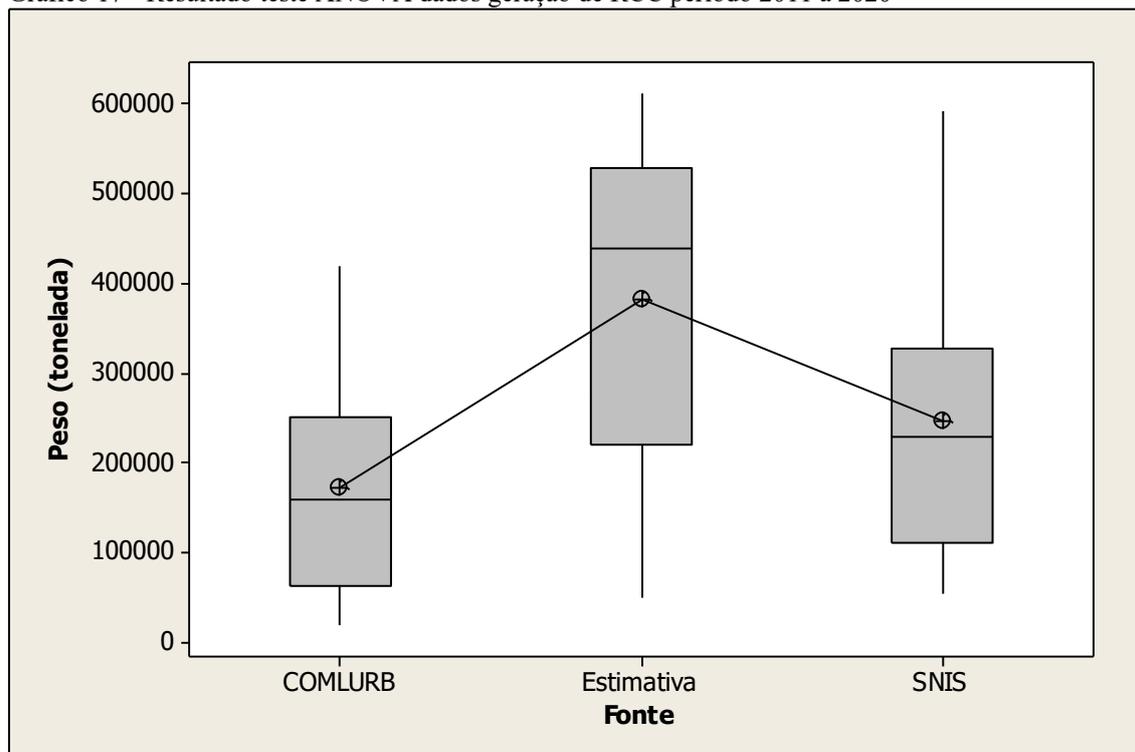
Tabela 9 - Indicadores estatístico teste ANOVA para geração de RCC 2011 a 2020

Fonte	Média (tonelada)	Desvio padrão (tonelada)
COMLURB	170.980,00	130.071,00
ESTIMATIVA	382.527,00	184.419,00
SNIS	246.119,00	166.158,00

Fonte: Autor (2022).

De acordo com a análise do Gráfico 17, nota-se que os valores médios dos três grupos de dados estão distantes, sendo que esta interpretação pode ser confirmada segundo o resultado do teste estatístico ANOVA, onde foi obtido o valor de P igual a 0,022, portanto, menor do que o índice de significância que é 0,05, desta forma, deve ser rejeitado a hipótese H_0 e aceita a hipótese H_1 . Isto posto, pode ser afirmado com nível de significância de 5% que os valores médios de geração de RCC para os três grupos de dados não são iguais.

Gráfico 17 - Resultado teste ANOVA dados geração de RCC período 2011 a 2020

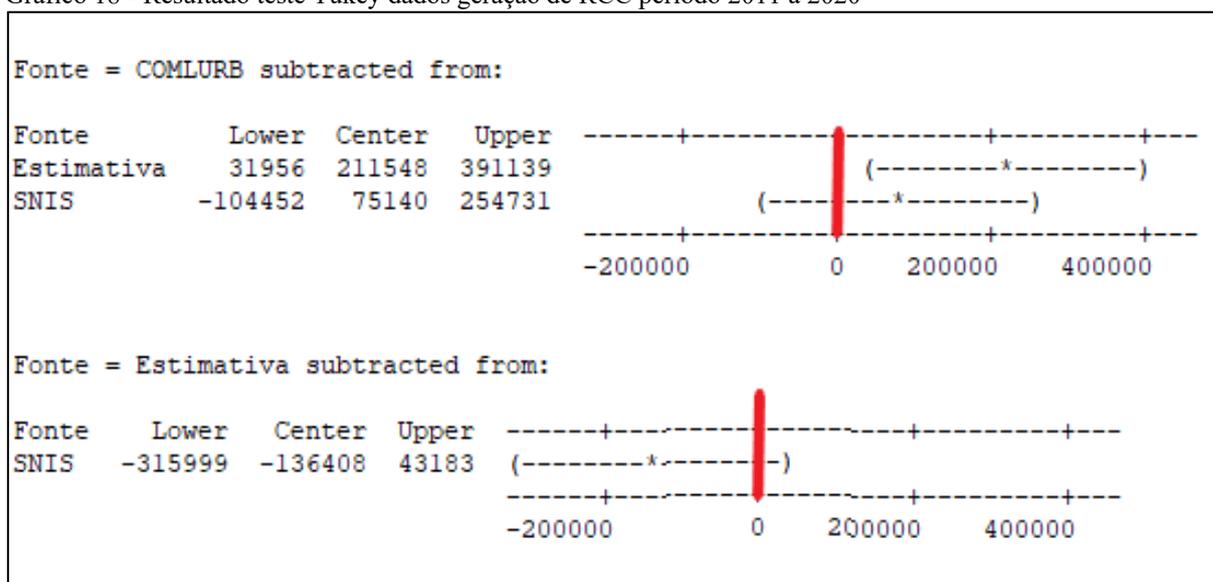


Fonte: Autor (2022).

Como foi confirmado que há diferença estatística significativa entre os valores médios de geração de resíduos da construção civil para os três grupos de dados, foi aplicado o cálculo

estatístico do método de Tukey, considerando o intervalo de confiança de 95%, a fim de determinar os intervalos prováveis das diferenças, assim como avaliar a significância prática entre estas discrepâncias, os resultados da análise estão apresentados no Gráfico 18, deste modo, de acordo com o que pode ser observado nas linhas na tonalidade vermelha, a diferença significativa está entre as médias da COMLURB e da Estimativa, uma vez que o intervalo de confiança relativo à Estimativa não ultrapassa a linha em vermelho. Ressalta-se que não há diferença significativa entre as médias relativas aos dados da COMLURB e SNIS, bem como entre as médias dos valores da Estimativa e SNIS.

Gráfico 18 - Resultado teste Tukey dados geração de RCC período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

4.2.1 Teste T geração RCC Estimados e Movimentação de Caçambeiros 2006 a 2020

Como foi verificado que não há diferença significativa entre os valores médios da estimativa de geração de RCC e os dados do SNIS, foi aplicado o teste T para o grupo de dados relativo a estimativa e as quantidades destinadas pelos caçambeiros e autônomos contratado pelo gerador, que foram somados ao total de resíduos destinados pelo próprio gerador, destaca-se que estas informações estão apresentadas nas colunas 3 e 4 da Tabela 7, em outras palavras, foram excluídas as quantidades de resíduos da construção civil que foram destinados sob responsabilidade da prefeitura. Ressalta-se que esta exclusão é justificada devido o montante de resíduos estimados segundo a metodologia de cálculo utilizada neste estudo, que considera

somente a produção de resíduos oriundas de construções formais, das quais o descarte é atribuição do próprio gerador. Isto posto, para aplicar o teste T foram definidas as hipóteses nula e alternativa, utilizando o recorte temporal relativo ao período entre 2006 e 2020, estabelecendo-se um intervalo de confiança de 95%, desta forma, foram determinadas as seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ Os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados são iguais;

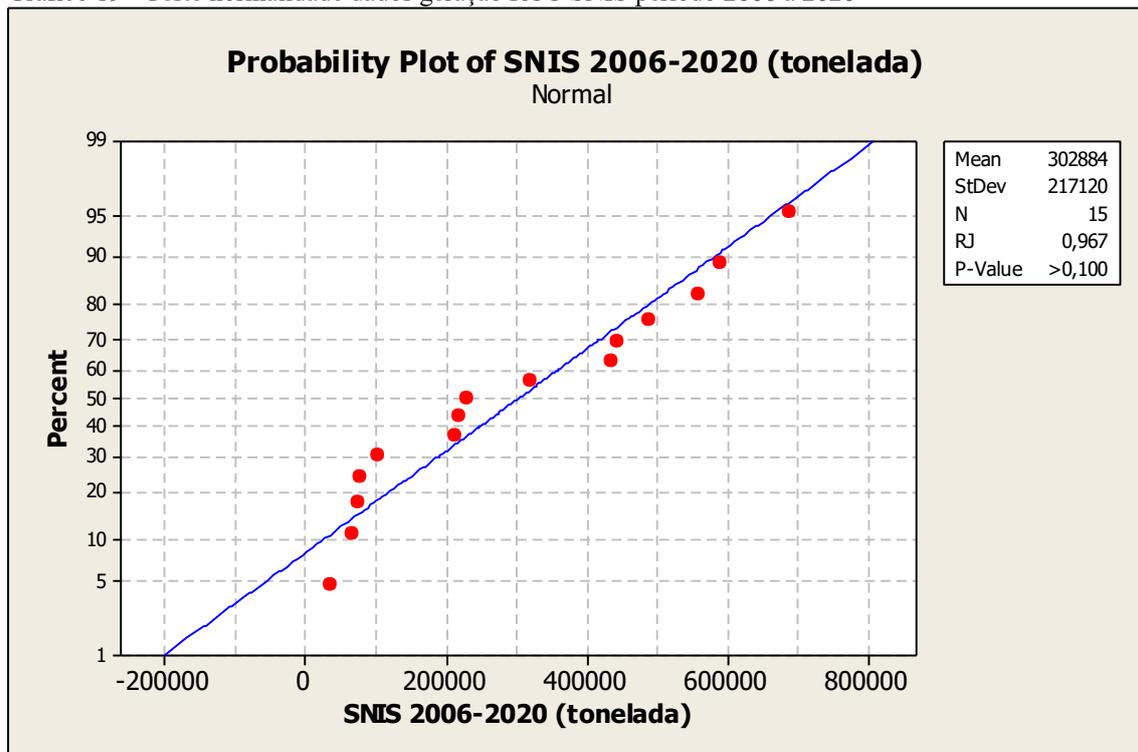
$H_1 \rightarrow$ Os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados não são iguais.

Inicialmente foi efetuado o teste de normalidade, estabelecendo um índice de significância de 5%. Desta forma, foi aplicado o teste estatístico Ryan-Joiner para os grupos de dados referente à geração de RCC estimados e divulgados pelo SNIS, cujos resultados estão apresentados nos Gráficos 8 e 19, respectivamente, sendo determinadas as seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ Os valores seguem uma distribuição normal;

$H_1 \rightarrow$ Os valores não seguem uma distribuição normal.

Gráfico 19 - Teste normalidade dados geração RCC SNIS período 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Segundo o que pode ser observado nas informações dos Gráficos 8 e 19, o valor de P foi maior do que 0,1, sendo assim, superior ao índice de significância que é 0,05, logo, a

hipótese H_0 não deve ser rejeitada. Desta forma, pode ser afirmado com índice de significância de 5% que os valores de geração de RCC para o período de 2006 a 2020 referente ao método de estimativa, assim como os dados divulgados pelo SNIS seguem uma curva normal.

Verificado a condição dos dados seguirem uma distribuição normal, foram checados se os valores das variâncias para os dois grupos de dados podem ser considerados iguais, utilizando o índice de significância de 5% foram estabelecidas seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ As variâncias podem ser consideradas iguais;

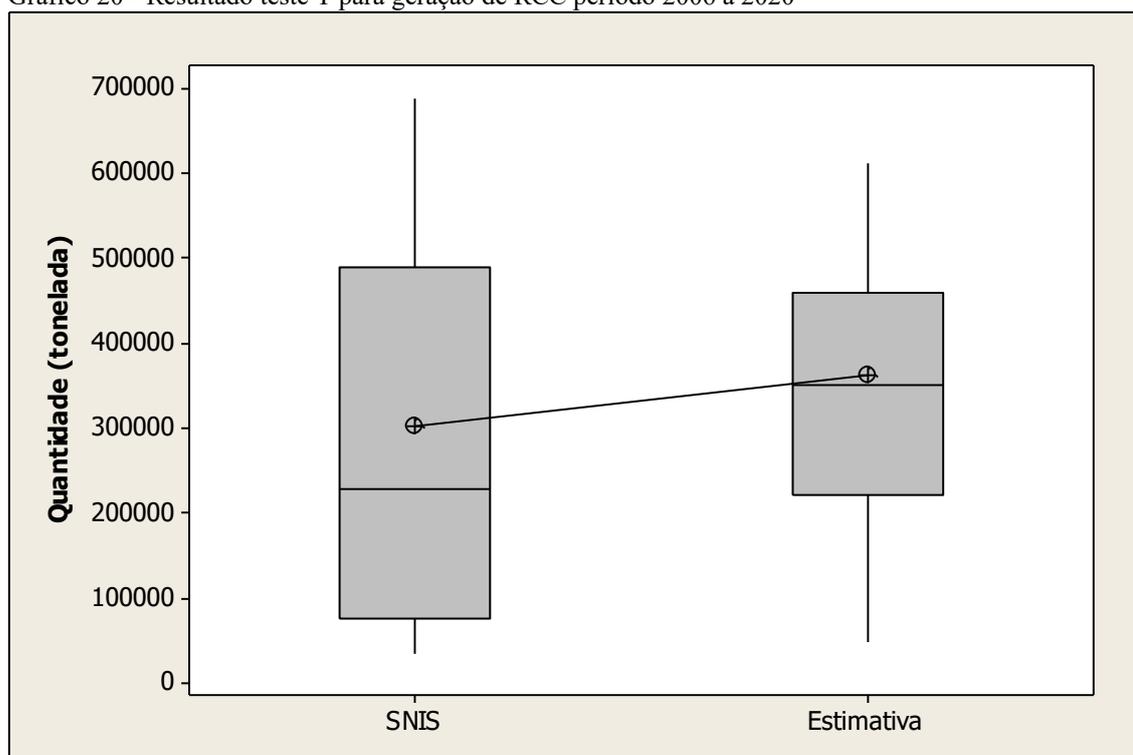
$H_1 \rightarrow$ As variâncias não podem ser consideradas iguais.

Após aplicação do teste para verificação das variâncias relativos aos dois grupos de dados, segundo o intervalo de confiança de 95%, o resultado verificado para o P Valor do teste F foi 0,228, logo, superior ao índice de significância que é 0,05, sendo assim, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada, portanto, pode ser atestado com índice de significância de 5% que as variâncias para os dois grupos de dados podem ser consideradas iguais.

Como foram atendidas as duas premissas quanto à obrigatoriedade de os dados seguirem uma distribuição normal, bem como as variâncias serem consideradas iguais, foi aplicado o Teste T, cujo resultado apontou Valor de P igual 0,399, sendo assim, superior ao índice de significância de 0,05, portanto, não deve ser rejeitado H_0 , logo, pode ser confirmado de acordo com o índice de significância de 5% que os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados são iguais.

Além da confirmação do teste estatístico, os resultados podem ser verificados no Gráfico 20, onde ilustra que os valores médios de geração de RCC referente às quantidades estimadas e publicadas pelo SNIS estão próximas. Apesar da quantidade média de geração de RCC relativos aos dois grupos de dados serem estatisticamente iguais, vale ressaltar que o valor do desvio padrão referente ao grupo de dados da estimativa foi inferior, conforme informações apresentadas na Tabela 10, em expressões percentuais, o valor do desvio padrão para estimativa representou 43,10% em relação a própria média, já para o SNIS foi 71,68 %. Como pequenos desvios padrão indicam que os pontos da amostra estão próximos da média, conclui-se que a média referente aos dados estimados é uma representação mais precisa das informações.

Gráfico 20 - Resultado teste T para geração de RCC período 2006 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Tabela 10 - Indicadores estatístico do teste T para geração de RCC 2006 a 2020

Fonte	Média (tonelada)	Desvio padrão (tonelada)
ESTIMATIVA	361.992,00	156.001,00
SNIS	302.884,00	217.120,00

Fonte: Autor (2022).

4.2.2 Teste T geração RCC Estimados e Movimentação de Caçambeiros 2011 a 2020

Como foi verificado que não existe diferença significativa entre as quantidades médias estimadas para geração de RCC e a média dos dados do SNIS, foi aplicado o teste T para o grupo de dados referente à estimativa e as quantidades destinadas pelos caçambeiros e autônomos contratado pelo gerador, que foram somados ao total de resíduos destinados pelo próprio gerador, ressalta-se que estas informações estão apresentadas nas colunas 3 e 4 da

Tabela 7, dito de outra maneira, foram subtraídas as quantidades de resíduos da construção civil que foram destinados sob responsabilidade da prefeitura.

Deve ser destacada a obrigação do próprio gerador quanto à destinação ambientalmente adequada dos resíduos produzidos por suas atividades, em se tratando de RCC, quando o volume de geração excede 2m^3 por semana, tais atividades são classificadas como grandes geradoras (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2006). Isto posto, para aplicar o teste T foram definidas as hipóteses nula e alternativa, utilizando o intervalo de tempo entre 2011 e 2020, foi estabelecido um intervalo de confiança de 95%, desta forma, foram determinadas as seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ Os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados são iguais;

$H_1 \rightarrow$ Os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados não são iguais.

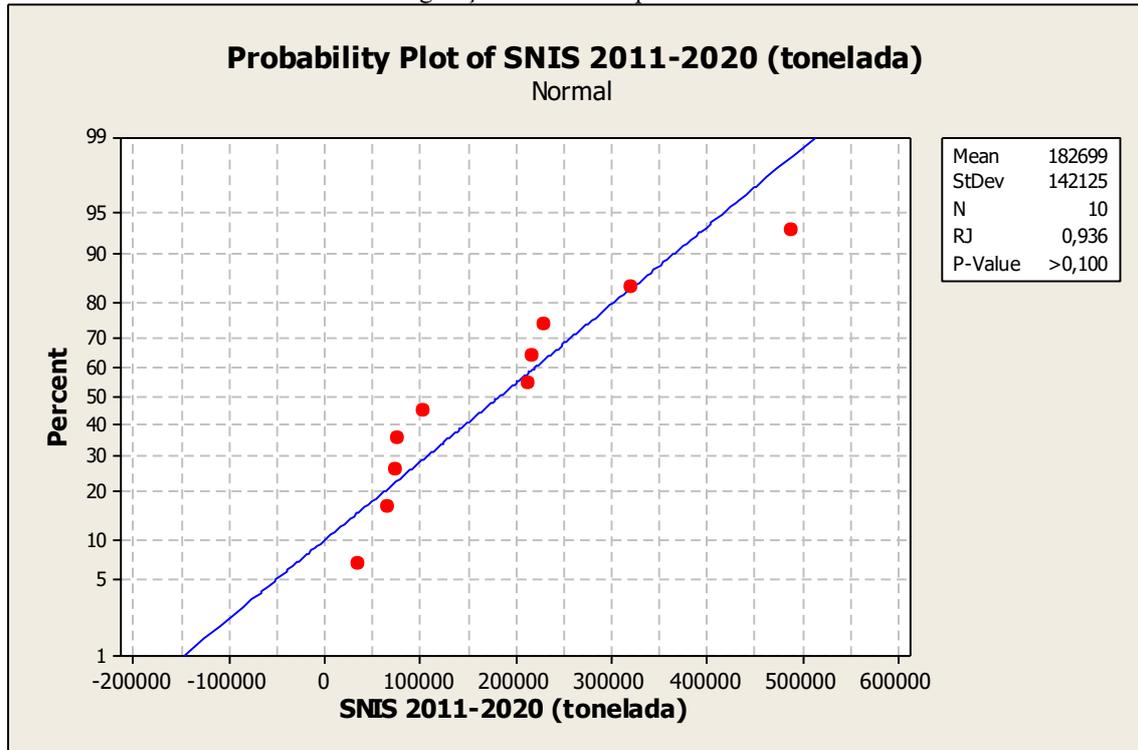
Primeiramente foi realizado o teste de normalidade, estabelecendo um índice de significância de 5%, foi aplicado o teste estatístico Ryan-Joiner para os grupos de dados referente à geração de RCC estimados e divulgados pelo SNIS, cujos resultados estão apresentados nos Gráficos 13 e 21, respectivamente, sendo determinadas as seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ Os valores seguem uma distribuição normal;

$H_1 \rightarrow$ Os valores não seguem uma distribuição normal.

De acordo com os resultados, o valor de P foi maior do que 0,1, sendo assim, superior ao índice de significância que é 0,05, logo, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada. Desta forma, pode ser atestado com índice de significância de 5% que os valores de geração de RCC para o período de 2011 a 2020 referente ao método de estimativa, assim como os dados divulgados pelo SNIS seguem uma curva normal.

Gráfico 21 - Teste normalidade dados geração RCC SNIS período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Verificada a condição dos dados seguirem uma curva normal, foram averiguados se os valores das variâncias para os dois grupos de dados podem ser considerados iguais, utilizando o índice de significância de 5% foram estabelecidas seguintes hipóteses:

$H_0 \rightarrow$ As variâncias podem ser consideradas iguais;

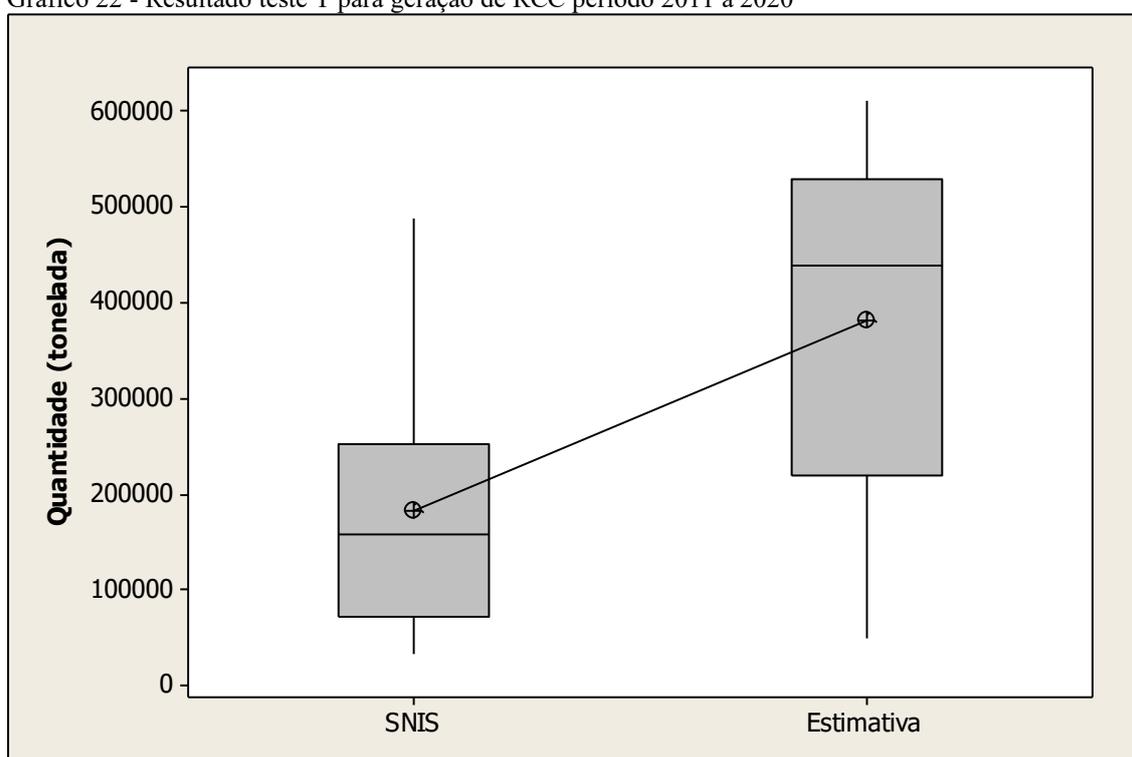
$H_1 \rightarrow$ As variâncias não podem ser consideradas

Após aplicação do teste para verificação das variâncias relativos aos dois grupos de dados, segundo o intervalo de confiança de 95%, o resultado obtido para o P Valor do teste F foi 0,450, logo, superior ao índice de significância que é 0,05, sendo assim, a hipótese H_0 não deve ser rejeitada, portanto, pode ser atestado com índice de significância de 5% que as variâncias para os dois grupos de dados podem ser consideradas iguais.

Como foram atendidas as duas condições quanto à necessidade de os dados reproduzirem uma distribuição normal, bem como as variâncias serem consideradas iguais, foi aplicado o Teste T, cujo resultado apontou Valor de P igual 0,014, sendo assim, inferior ao índice de significância de 0,05, portanto, deve ser rejeitado H_0 e aceita a hipótese alternativa H_1 , deste modo, pode ser confirmado de acordo com o índice de significância de 5% que os valores médios de geração de RCC para os dois grupos de dados não são iguais.

Além da confirmação do teste estatístico, os resultados podem ser averiguados no Gráfico 22, onde ilustra que os valores médios de geração de RCC referente às quantidades estimadas e publicadas pelo SNIS estão distantes, reafirmando assim que quantidade média de geração de RCC relativos aos dois grupos de dados são estatisticamente diferentes, vale destacar que o valor do desvio padrão referente ao grupo de dados da estimativa foi inferior, segundo informações apresentadas na Tabela 11, em expressões percentuais, o valor do desvio padrão para estimativa representou 48,21% em relação a própria média, já para o SNIS foi 77,79 %. Como pequenos desvios padrão indicam que os pontos da amostra estão próximos da média, conclui-se que a média referente aos dados estimados é uma representação mais precisa das informações.

Gráfico 22 - Resultado teste T para geração de RCC período 2011 a 2020



Fonte: Autor (2022).

Tabela 11 - Indicadores estatístico do teste T para geração de RCC 2011 a 2020

Fonte	Média (tonelada)	Desvio padrão (tonelada)
ESTIMATIVA	382.527,00	184.419,00
SNIS	182.699,00	142.125,00

Fonte: Autor (2022).

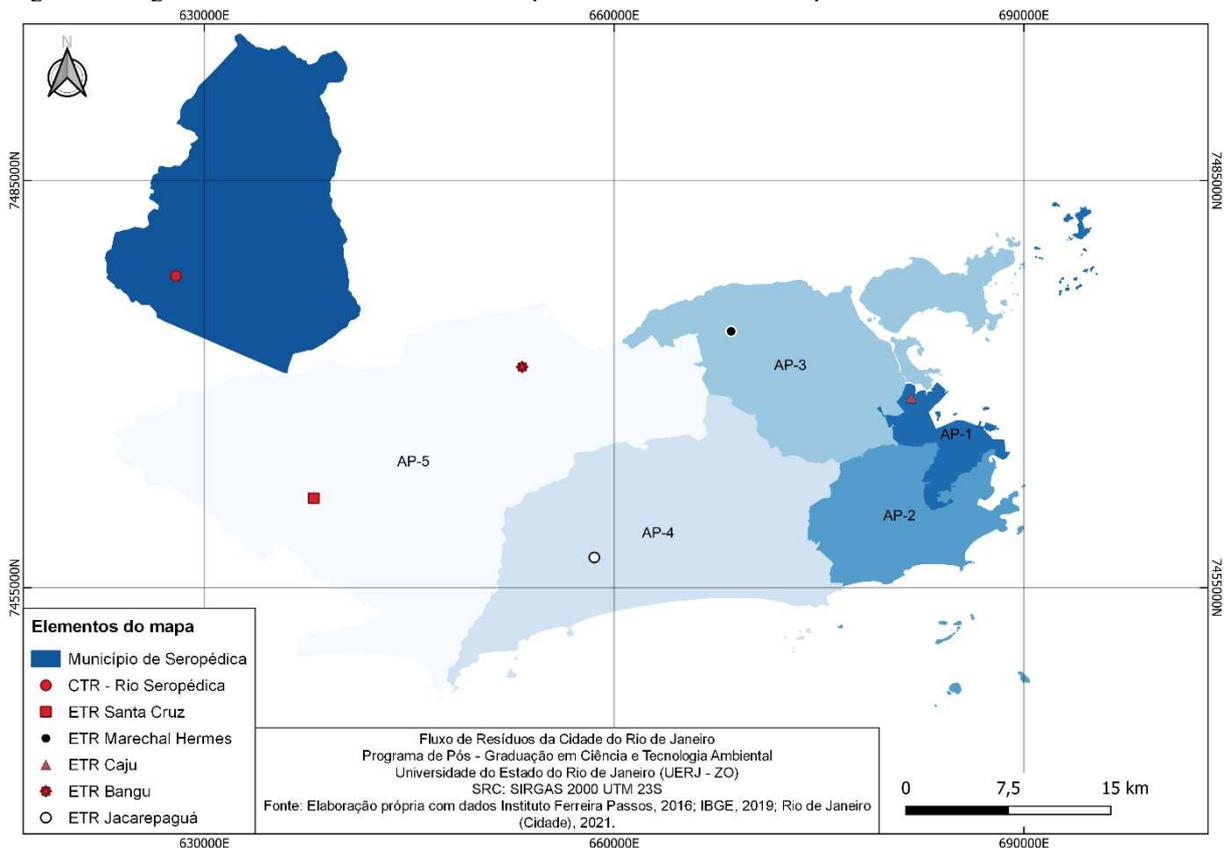
Após aplicados testes estatísticos e constatado nos indicadores os dados que obtiveram a melhor representação, optou-se por selecionar a referência de geração de RCC relativo ao

período de 2006 a 2020, obtido pela estimativa segundo metodologia de Pinto (1999), cuja quantidade média de produção foi 361.992,00 tonelada por ano com desvio padrão de 156.001,00 tonelada por ano, conforme valores apresentados na Tabela 8.

4.3 Mapeamento dos Locais Autorizados e Propostos para Descarte de RCC

De acordo com RIO DE JANEIRO (Cidade) (2021), para adequação da destinação final dos resíduos sólidos da cidade, foi firmado um contrato de concessão entre a COMLURB e a empresa Ciclus Ambiental do Brasil S.A até o ano de 2026, que pode ser renovado por mais cinco anos, o escopo contratual contempla a implantação, operação e manutenção de transbordos (ETRs) e do Centro de Tratamento de Resíduos – CTR – Rio, em Seropédica. Na Figura 9 está representado a logística de transferência de resíduos das ETRs para o CTR – Rio de Seropédica.

Figura 9 - Logística de transferência de resíduos para o CTR - Rio em Seropédica



Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021.

Ressalta-se que as estações de transferência de resíduos são licenciadas juntamente a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação (SMDEIS), entretanto, de acordo com as informações apresentadas no Quadro 10, a atividade regularizada pelo órgão ambiental é para operação de Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos, sendo assim, não está contemplado na atividade das ETRs o recebimento de resíduos da construção civil.

Embora as ETRs estejam regularizadas mediante o órgão ambiental competente, deve ser ressaltado que o processo relativo a unidade de Jacarepaguá, foi iniciado em 18 de fevereiro de 2011, segundo consulta no andamento de processos na Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC, 2011). Na ocasião foi requerido a renovação da licença de operação para atividade de usina de reciclagem e compostagem de lixo, segundo exigência publicada em 12 de fevereiro de 2019 expedida pelo órgão ambiental municipal, quando foi exigido a apresentação de requerimento de LMO para funcionamento de Estação de Transferência de Resíduos, já que a atividade licenciada na ocasião não era a mesma (SMAC, 2019).

Quadro 10 - Licenças Municipais de Operação das ETRs da COMLURB

Número do processo	Requerente	Descrição sumária	Nº do documento	Data do documento
142011952010	ETR - Marechal Hermes	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos	LMO 000692	16/04/2012
142011962010	ETR - Santa Cruz	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos	LMO 000732	20/06/2012
		Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos com capacidade operacional de 21.000 tonelada /mês	LMO 2862	20/10/2021
142007702011	ETR – Caju	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos (ETR) com capacidade operacional para 4.000 tonelada/dia	LMO 001229	09/04/2014
142000192014	ETR - Bangu	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos (ETR) com capacidade operacional de 3.000 tonelada/dia	LMO 001244	09/05/2014
142004942011	ETR - Jacarepaguá	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos com capacidade operacional de 20.000 tonelada/mês	LMO 2793	17/06/2021

Fonte: Autor segundo dados (SMDEIS, 2022).

Desta forma, pode ser afirmado que a ETR de Jacarepaguá operou em desacordo com a atividade ora licenciada desde o início de sua atividade, já que a concessão da licença para

operar como Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos foi concedida somente em 17 de junho de 2021, conforme apresentado no Quadro 10.

Quanto ao Aterro Sanitário de Seropédica, este empreendimento é regularizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), cujas informações estão apresentadas no Quadro 11. De acordo com o que pode ser constatado, dentre as atividades do Aterro Sanitário regulamentadas pelo órgão ambiental, contempla a disposição de resíduos Classe II de origem residencial, comercial e industrial. Desta forma, não é considerado no objeto da licença a execução da atividade de recebimento de resíduos da construção civil.

Quadro 11 - Licença de Operação CTR - Seropédica

Número do processo	Requerente	Descrição sumária	Nº do documento	Data do documento
EXT-PD/ 014.10456/2021	Ciclus Ambiental do Brasil S.A. (CTR - Seropédica)	Aterro sanitário (até 10.400 t/d) em área com 989.215,11 m ² , pertencentes ao subaterro 1 e subaterro 3 (fases 1A, 1B1, 2A1, 2A2 e 3A), para disposição de resíduos classe II de origem residencial, comercial e industrial; Estação de Tratamento de Chorume (primário, secundário, terciário) e Estação de Tratamento de Chorume por osmose reversa; linha de recalque de efluente tratado; oficina e ponto de abastecimento, sistema de captação e queima de biogás (04 sopradores centrífugos e 05 queimadores)	LO Nº IN011445	08/02/2022

Fonte: Autor segundo dados (INEA, 2022).

Embora tal atividade não esteja contemplada no objeto da licença de operação do Aterro Sanitário, é prevista a cobrança para vazamento de Resíduos Sólidos Inertes no CTR-Rio, em Seropédica, conforme especificado no Item 4A da tabela de valores dos serviços especiais a serem cobrados e arrecadados pela COMLURB, estabelecida no § 1º do Art. 1º da Portaria Nº3-R (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021).

Diante disto, pode ser afirmado que o Aterro Sanitário recebe resíduos sólidos inertes, dentre os quais contempla os resíduos da construção civil, desta forma, em desacordo com o objeto da licença de operação emitida pelo órgão ambiental, ressalta-se ainda que no "§ 1º do Art. 4º da Resolução CONAMA 448, estabelece que resíduos da construção civil não podem ser destinados para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2012).

Reafirmando assim o ponto de vista defendido por (EIGENHEER e FERREIRA, 2011), onde descreve que na prática, muitos aterros sanitários do país recebem esses resíduos para uso na construção e na manutenção de vias internas e, eventualmente na cobertura dos resíduos.

Conforme informações compartilhadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e apresentadas no Quadro 12, há nove empresas regularizadas para a destinação ambientalmente adequada de Resíduos da Construção Civil, dentre as quais, três realizam o serviço somente quando a locação de caçamba for realizada.

Quadro 12 - Empresas Licenciadas - RCC

CNPJ	Empresas	Tipo de RCC	Observação
08.742.960/0001-39	Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli	A	-
33.051.624/0001-97	Tamoio Mineração S.A	A,B,C	-
76.420.967/0011-66	Concretran S.A	A	-
35.934.504/0001-63	Liej - Materiais de Construções Ltda	A,B,C	-
04.911.992/0001-60	Sucatdavi Comércio de Sucata Ltda	Resíduos Perigosos Classe I	-
01.641.379/0002-62	Mineração Galácia Ltda	A	-
13.353.266/0001-60	Plano B Empreendimentos e Serviços Ltda	A,B,C	Apenas com contrato de locação de caçambas
05.446.221/0001-01	Solução Gerenciamento de Resíduos Ltda ME	A,B,C	Apenas com contrato de locação de caçambas
19.252.341/0001-82	Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda	A,B,C	Apenas com contrato de locação de caçambas

Fonte: Adaptado RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

Segundo as informações compartilhadas pela GERILAM do INEA, o destinador Arco da Aliança recebeu o total de resíduos da construção civil durante o período de 2018 a 2021 as quantidades apresentadas na Tabela 12, deve ser destacado que dentre as cinco transportadoras que efetuaram o descarte nesta unidade, três possuem o nome fantasia Terra Prometida, sendo elas a Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli, Lhc Ambiental Serviço Eireli e Terra Prometida Serviços Ltda, somente essas empresas corresponderam ao total de 99,98% do volume de resíduos transportados, desta forma, pode ser constatado que este destinador recebeu majoritariamente resíduos que são transportados por empresas de seu grupo.

Tabela 12 - Total de RCC recebidos pela Arco Aliança entre 2018 e 2021

CNPJ	Razão Social	Quantidade (tonelada)
31.433.208/0001-28	S. M. Oliveira Santos Transporte	5,00
10.559.617/0001-03	Iridium Transportes e Locação Ltda	13,20
08.742.960/0001-39	Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli	1.805,02
12.975.849/0001-60	Lhc Ambiental Serviço Eireli	2.089,41
02.241.442/0001-55	Terra Prometida Serviços Ltda	108.140,63

Fonte: Autor segundo dados (HUGO, 2022).

Quanto ao quantitativo de RCC destinados para a Tamoio Mineração S.A durante este mesmo período, estes valores estão apresentados na Tabela 13. Ressalta-se que dentre os vinte e seis transportadores que destinaram resíduos para esse local, somente seis são credenciados pela COMLURB, sendo estes a Alemar Terraplanagem Eireli – ME, Eletroferragens Conde de Bonfim Eireli, FC Carneiro Transportes Ltda – ME, GBR Consultoria e Serviços Ltda, Tossati Transporte e Locação de Maquinas Eireli - Epp e Viana Locação de Equipamentos Ltda – ME (COMLURB, 2022).

Estas empresas foram responsáveis pelo encaminhamento de 3,35 % do total de RCC recebidos por esse destinador, desta maneira, pode ser constatado a baixa adesão dos transportadores regularizados pela COMLURB no descarte de RCC para a Tamoio Mineração S.A. Deve ainda ser enfatizado quanto à obrigatoriedade das pessoas jurídicas que executam os serviços de coleta e remoção de RCC e RSI na cidade do Rio de Janeiro serem cadastradas na COMLURB, conforme estabelecido no Art. 1º da Portaria “N” COMLURB N° 001 (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2022).

No que diz respeito ao total de resíduos da construção civil recebidos pela empresa Liej Materiais de Construção Ltda, relativo ao período de 2018 a 2021, estes quantitativos podem ser verificados na Tabela 14. Segundo o que pode ser averiguado, do total de resíduos recebidos neste período, 61,68 % foram transportados por entidades credenciadas pela COMLURB e pela própria Liej Materiais de Construção, sendo as empresas Jackson Moreira Barbosa, L & M Serviços Ambientais Ltda, RC Alves Transportes e Aluguel de ME, Tibiano Vitória Ambiental Ltda ME, Tira Entulhos Ltda ME e Tossati Transporte e Locação de Máquinas Eirelli EPP (COMLURB, 2022).

Tabela 13 - Total de RCC recebidos pela Tamoio Mineração S.A entre 2018 e 2021

CNPJ	Razão Social	Quantidade (tonelada)
17.859.936/0001-75	A da Costa Vergette Transporte e Locação Me	12.115,44
24.493.666/0001-97	Aleamar Terraplenagem Eireli-Me	13.445,43
00.445.776/0001-15	All Facilities Ltda	251,20
12.931.106/0001-98	Busk Entulho Ltda Epp	1.049,04
12.817.204/0001-07	Buzuca 3556 Serviços de Terraplanagem Ltda Me	173.481,50
04.096.291/0001-14	CLT Carneiro Locação e Transporte Ltda - Epp	5.040,10
00.299.904/0001-60	Dimensional Engenharia Ltda	3.934,20
33.647.199/0001-01	Eletroferragens Conde de Bonfim Eireli	558,60
10.624.775/0001-91	Engeloc Construtora Ltda Epp	176.641,63
20.090.086/0001-06	F.W. Oliveira Terraplenagem Ltda – Me	1.117,60
23.009.207/0001-22	FC Carneiro Transportes Ltda – Me	1.357,04
13.477.795/0001-75	GBR Consultoria e Serviços Ltda	2.982,75
26.216.550/0001-36	J J Lemos Transporte e Terraplenagem Ltda	4.993,17
06.218.752/0001-00	Land Terraplenagem e Construções	21.034,80
05.055.714/0001-10	Marvin Transporte e Locações de Maquinas Ltda Epp	854,86
10.411.651/0001-28	MG Indústria Comércio e Serviços de Mármore e Granitos e Transportes Ltda	93,66
10.313.325/0001-88	R. E. Oliveira Comércio e Transportes Ltda - Me	54,42
05.262.458/0001-32	Sandex Agregados e Transporte Ltda	861,50
17.353.701/0001-07	Sandex Sandstone Coml. Transportadora Eireli	6.250,45
00.734.559/0001-45	Semont Serviços Tecnicos Ltda	1.146,32
21.415.882/0001-26	Teldan Transportes	672,80
23.508.966/0001-30	Tossati Transporte e Locação de Maquinas Eireli – Epp	465,00
22.879.769/0001-64	Transnogueira Terraplanagem T L Eq Ltda	1.428,00
04.101.414/0001-68	Transportadora Arosio Ltda	131.225,49
19.155.049/0001-41	Transtractor Transportes e Terraplanagem Ltda - Me	660,52
21.951.950/0001-71	Vianna Locação de Equipamentos Ltda Me	1,20

Fonte: Autor segundo dados (HUGO, 2022).

Deve ser ressaltado que 60,22 % do volume total de resíduos foram entregues pela própria Liej Materiais de Construção Ltda e 1,46% do montante pelas demais instituições citadas, destaca-se ainda que 38,32% da totalidade de materiais encaminhados para esse destinador, foram transportados por entidades que não são regularizadas juntamente à

COMLURB, dito de outra maneira, são empresas que não possuem credenciamento por este órgão, embora seja obrigatório para pessoas jurídicas que realizam a coleta de RCC e RSI no município do Rio de Janeiro possuir a referida documentação.

Tabela 14 - Total de RCC recebidos pela Liej Materiais de Construção Ltda entre 2018 e 2021

CNPJ	Razão Social	Quantidade (tonelada)
09.159.992/0001-79	ABJ Serviços de Terraplanagem Ltda	2.890,02
68.695.915/0001-00	Biovert Florestal e Agrícola Ltda	19,60
12.817.204/0001-07	Buzuca 3556 Serviços de Terraplanagem Ltda Me	5,50
05.925.162/0001-54	Central Entulho de Itaipu Ltda-Me	15,00
04.096.291/0001-14	CLT Carneiro Locação e Transporte Ltda - Epp	240,00
42.498.733/0001-48	Coordenadoria Geral de Obras/3 Go	6.430,73
33.854.563/0001-04	Globo Construções e Terraplanagem Ltda	19.263,10
14.743.925/0001-37	Guardião das Águas Transp. Rod. e Terrap. Ltda-Me	52,00
26.216.550/0001-36	J J Lemos Transporte e Terraplanagem Ltda	4.982,00
29.640.639/0001-13	Jackson Moreira Barbosa	5,00
21.161.821/0001-80	L & M Serviços Ambientais Ltda	386,28
35.934.504/0001-63	Liej Materiais de Construção Ltda	118.830,08
27.632.947/0001-71	Nova Max Transportes Locação E Construções Eireli	10,00
14.182.873/0001-77	Rc Alves Transportes e Aluguel De Maquinas Me	1.713,88
32.334.765/0001-54	Resicom Comércio de Resíduos Ltda - Me	33,00
14.520.546/0001-88	Strike Transporte de Cargas e Locação de Máquinas Ltda Me	22.432,95
13.104.991/0001-02	Terco Terraplanagem e Comércio S/A	1.326,65
31.434.640/0001-33	Terraplanagem e Transportes Lagoa Feiaireli	1.274,30
20.499.176/0001-47	Tibiano Vitória Ambiental Ltda Me	5,94
09.637.088/0001-21	Tira Rio Entulhos Ltda Me	26,00
23.508.966/0001-30	Tossati Transporte e Locação de Máquinas Eireli - Epp	748,40
33.748.716/0001-20	Transmater Transporte e Terraplanagem Ltda	737,23
22.879.769/0001-64	Transnogueira Terraplanagem T L EQ Ltda	15.006,73
13.485.460/0001-07	União Locação de Máquinas e Equipamentos de Terraplanagem Ltda	897,40

Fonte: Autor segundo dados (HUGO, 2022).

Diante do exposto, pode ser validado a ocorrência da baixa participação das empresas credenciadas pela COMLURB quanto ao descarte dos resíduos da construção civil para o

destinador Liej Materiais de Construção Ltda, uma vez que se for excluído o volume de resíduos transportados por esta empresa, somente 1,46% foram carregados por instituições também licenciadas por este órgão.

Quanto ao total de resíduos da construção civil que foram encaminhados para o destinador Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda Epp, estes valores estão representados na Tabela 15, de acordo com o que pode ser observado, do montante de resíduos encaminhados para este local, 75,61% foram transportados por entidades credenciadas pela COMLURB, sendo estas DJ Coleta de Entulho Eirelli ME, LR9 Construções Eirelli, Pega Pega Transportes e Locação de Caçamba Eirelli, RP Ribeiro Indústria e Comércio de Peças para Máquinas, Rio Limpo Agenciamento de Transportes Rodoviários Ltda, Só Entulho Transportes Ltda, TGS Rio Material de Construção e Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda Epp (COMLURB, 2022).

Tabela 15 - Total de RCC recebidos pela Top Líder Transporte e Locação de Equipamento Ltda Epp

CNPJ	Razão Social	Quantidade (tonelada)
29.227.931/0001-09	AET Atlântica Engenharia e Terraplanagem Ltda.	0,13
05.304.567/0001-75	Andregil 2002 Serviços e Comércio de Areia e Pedra Ltda	106,31
12.320.957/0001-02	Ativa Soluções Ambientais Ltda	2.175,98
04.096.291/0001-14	CLT Carneiro Locação e Transporte Ltda - Epp	2.009,51
08.466.469/0001-22	Dalmac Locação de Equipamentos Eireli	382,50
26.344.636/0001-44	DJ Coleta de Entulho Eireli -Me	435,00
28.245.298/0001-19	Katalão Material de Construção Ltda	623,31
06.218.752/0001-00	Land Terraplenagem e Construções	6.292,10
28.444.692/0001-86	LR9 Construções Eirelli	2.952,90
25.248.742/0001-61	Pega Pega Transportes e Locação de Caçamba - Eirelli	9,00
23.938.771/0001-20	R P Ribeiro Indústria e Comércio de Peças para Máquinas	36.978,47
09.415.844/0001-78	Rio Limpo Agenciamento de Transportes Rodoviários Ltda	57,00
17.353.701/0001-07	Sandex Sandstone Coml. Transportadora Eireli	6.479,68
08.738.894/0001-23	Só Entulho Transportes Ltda	175,58
24.572.487/0001-45	TGS Rio Material de Construção	2.866,08
19.252.341/0001-82	Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda-Epp	16.205,36
33.748.716/0001-20	Transmater Transporte e Terraplenagem Ltda	1.185,00

Fonte: Autor segundo dados (HUGO, 2022).

Deve ser destacado que 20,53 % do volume de resíduos foram correspondentes aos materiais transportados pela Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda Epp e 55,08% pelas demais empresas credenciadas. Por último, deve ser registrado que 24,39% da totalidade de materiais encaminhados para esse destinador, foram transportados por instituições que não são regularizadas juntamente à COMLURB, ou seja, não são empresas credenciadas por este órgão apesar da obrigatoriedade de cadastramento das pessoas jurídicas que realizam a coleta de RCC e RSI no município do Rio de Janeiro.

No que diz respeito ao montante de resíduos da construção civil encaminhados para o destinador Mineração Galácia Ltda relativo ao período entre 2018 e 2021, estes dados podem ser verificados na Tabela 16, segundo o que pode ser atestado, dentre os onze transportadores, nenhum consta como cadastrado na relação de empresas credenciadas pela COMLURB para atividade de transporte destes resíduos (COMLURB, 2022).

Tabela 16 - Total de RCC recebidos pela Mineração Galácia Ltda

CNPJ	Razão Social	Quantidade (tonelada)
03.568.496/0008-69	Construtora Colares Linhares S.A.	47.026,10
01.721.862/0001-76	Elvima Construções Ltda	1.988,20
33.854.563/0001-04	Globo Construções e Terraplanagem Ltda	918,00
14.117.239/0001-50	Inove Soluções Ambientais Ltda Me	2,00
07.602.114/0001-50	J. de Almeida Mendes - Materiais de Construção e Transportes Me	4.060,00
11.087.403/0001-36	PS Teixeira Coleta de Resíduos Ltda Epp	1.587,81
18.704.986/0001-46	Solumaq Máquinas e Materiais de Construção Ltda	15,00
14.520.546/0001-88	Strike Transporte de Cargas e Locação de Máquinas Ltda Me	1.526,00
04.101.414/0001-68	Transportadora Arosio Ltda	4.998,48
19.155.049/0001-41	Transtractor Transportes e Terraplanagem Ltda - Me	1.240,56
02.624.589/0001-24	Victor Hugo Demolições Ltda	1.409,50

Fonte: Autor segundo dados (HUGO, 2022).

Quanto às empresas Concretran S.A, Sucatdavi Comércio de Sucata Ltda, Plano B Empreendimentos e Serviços Ltda e Solução Gerenciamento de Resíduos Ltda, informados pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro como destinadores de resíduos da construção civil, segundo informações apresentadas no Quadro 12, não foram registrados recebimento de materiais nestes locais no levantamento, segundo dados do sistema de manifestos de resíduos compartilhados pela GERILAM do INEA (HUGO, 2022), sendo assim, pode ser afirmado que

estas empresas não são destinadores, uma vez que não existe registro de recebimento de resíduos no período estudado.

Sendo assim, diante do levantamento realizado, das nove empresas informadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, somente cinco são destinadores de resíduos da construção civil, contudo, a Arco da Aliança, ilustrada na Figura 10, só recebe resíduos transportados por empresas de seu grupo, conforme já apresentado.

Figura 10 - Localização destinador de RCC Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli



Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

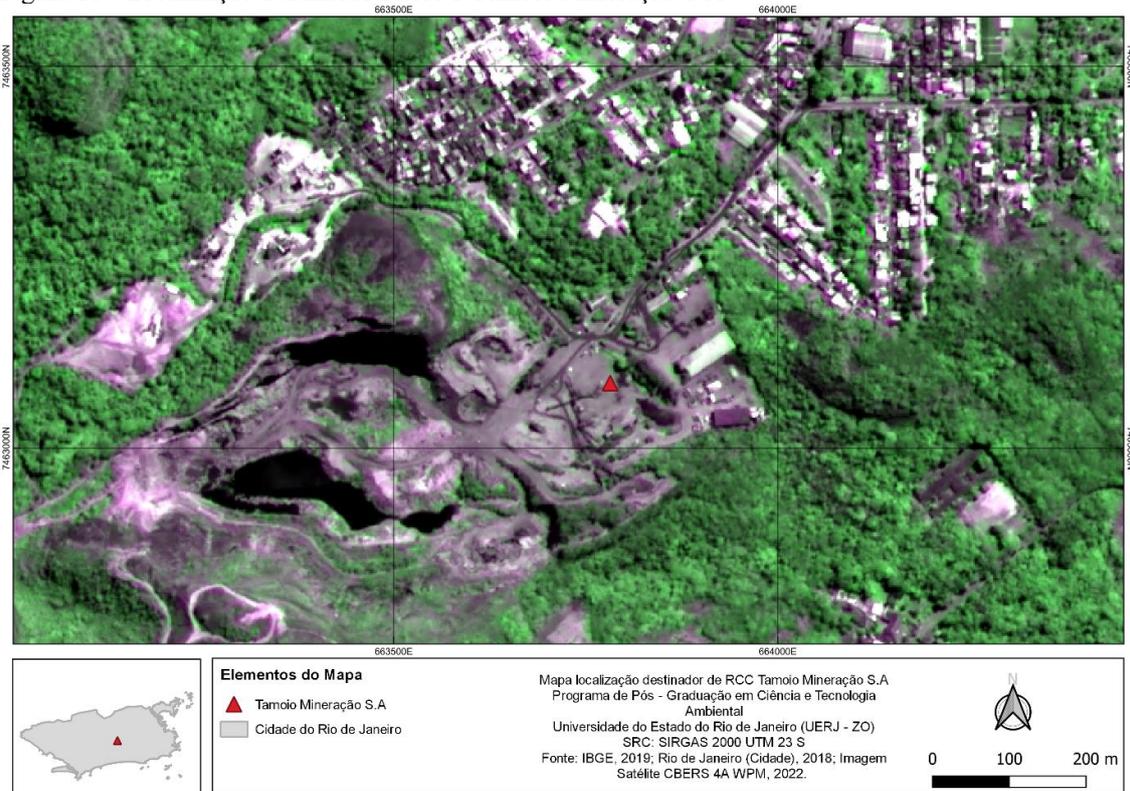
Quanto ao destinador Tamoio Mineração S.A, representado na Figura 11, foi comprovada a baixa adesão dos transportadores regularizados pela COMLURB que efetuaram descarte de RCC neste local, já que estes representaram somente 3,35% do total de materiais recebidos no período estudado.

No que diz respeito à empresa Liej Materiais de Construção Ltda, apresentado na Figura 12, se for excluído o total de resíduos transportados por esta empresa, somente a fração de 1,46% do total de resíduos recebidos foram transportados por outras instituições credenciadas pela COMLURB, desta forma, comprovando a baixa participação das credenciadas no descarte destes materiais.

Em se tratando do destinador Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda Epp, ilustrado da Figura 13 este apareceu como uma opção de descarte para transportadores credenciados por este órgão, uma vez que 55,08 % do total de resíduos encaminhados para esse local, foram coletados por instituições credenciadas pela COMLURB.

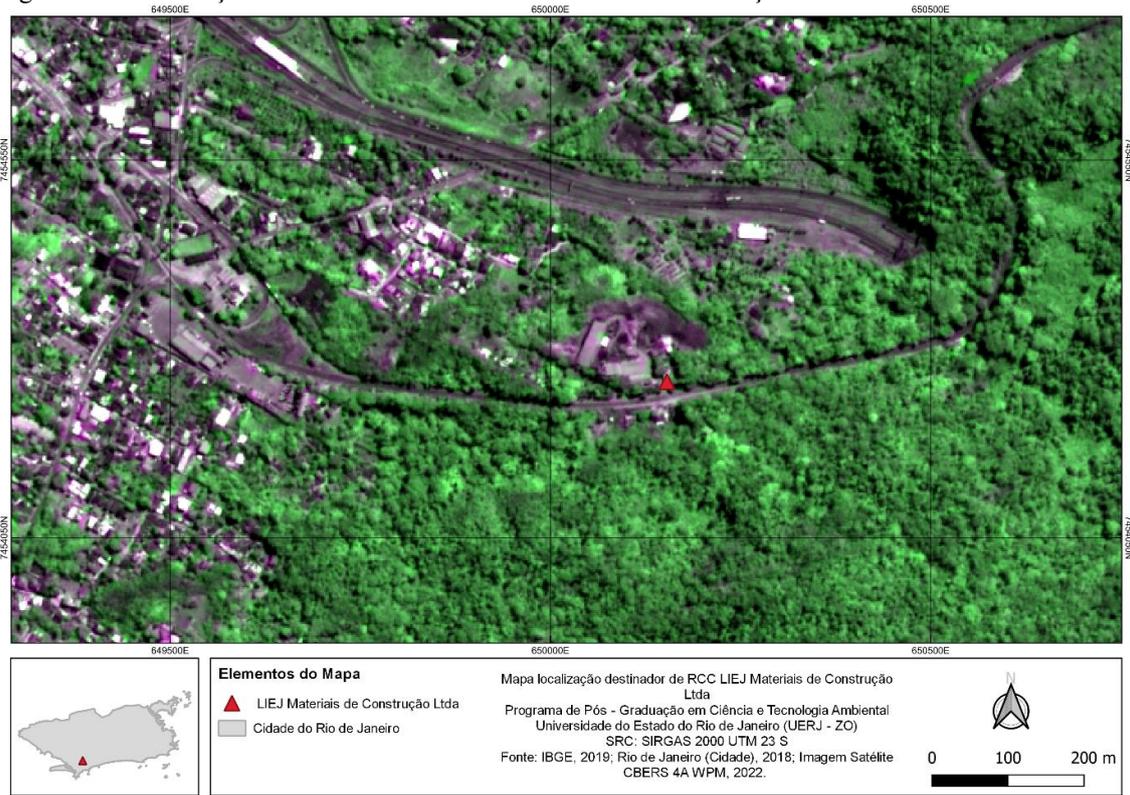
Por último, quanto à empresa Mineração Galácia Ltda, representado na Figura 14 este local não é utilizado como opção de descarte pelas entidades regularizadas por este órgão.

Figura 11 - Localização destinador de RCC Tamoio Mineração S.A



Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

Figura 12 - Localização destinador de RCC LIEJ Materiais de Construção Ltda



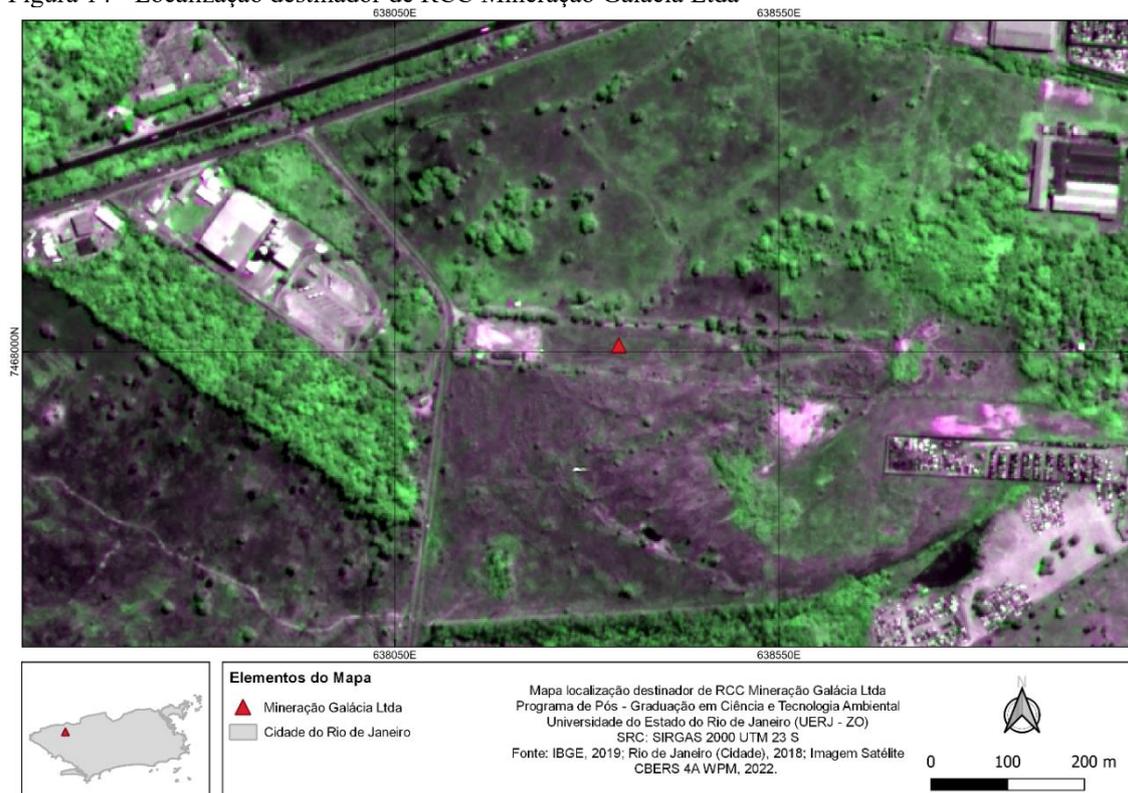
Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

Figura 13 - Localização destinador de RCC Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda



Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

Figura 14 - Localização destinador de RCC Mineração Galácia Ltda



Fonte: Autor segundo informações RIO DE JANEIRO (Cidade), 2018.

Diante das justificativas expostas, faz-se necessário adoção de novo modelo de gestão dos resíduos da construção civil que são produzidos na Cidade do Rio de Janeiro, sendo assim, é sugerido que as ETRs administradas pela COMLURB sejam adaptadas para possibilitar o recebimento desta classe de resíduos de forma temporária para posterior envio dos RCC para usina de reciclagem que será proposta a criação.

O processo de adequação das ETRs deve iniciar prioritariamente pela ETR de Jacarepaguá, já que a Área de Planejamento 4 foi a região onde houve a geração de 50,70% do total de RCC estimados na cidade durante o período de 2006 a 2020, conforme valores apresentados na Figura 3. Deve ainda ser ressaltado que os bairros da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Jacarepaguá, Freguesia e Taquara corresponderam ao montante de 43,33% dos resíduos produzidos no município, de acordo com as informações apresentadas na Seção 3.5 desta pesquisa, isto posto, deve ser prioritária a adequação da ETR de Jacarepaguá para atendimento a demanda de RCC que são gerados na AP4.

Em segunda ordem de prioridade, a ETR de Marechal Hermes deve ser adequada, já que a Área de Planejamento 3 foi a região que ocorreu a produção de 17,66% dos RCC gerados no

município do Rio de Janeiro, de acordo com os dados apresentados na Figura 3. Já em terceira ordem de prioridade, sugere-se a adaptação da ETR de Bangu, devido à proximidade ao bairro de Campo Grande, onde foi estimado a geração de 7,51% do total de RCC gerados no município, registrando assim o 4º bairro com a maior geração, segundo dados apresentados na Seção 3.6. Deve ser destacado que na Área de Planejamento 5, ocorreu a geração de 16,59% do total de RCC originados na cidade. Por último, recomenda-se a adequação da ETR do Caju, unidade estratégica para receber resíduos provenientes da Área de Planejamento 2 e Área de Planejamento 1, regiões onde foram estimados a geração de 8,28% e 6,77% respectivamente, do montante de materiais produzidos no município do Rio de Janeiro.

Além da adequação das ETRs, será necessário a instalação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, visando que esta unidade seja o destino dos RCC encaminhados para ETRs, desta forma será possível realizar a reciclagem destes materiais. Para dimensionamento da unidade de reciclagem de RCC, foi utilizado método de estimativa considerando a geração de resíduos referente ao período de 2006 a 2020, cujo valor médio de produção foi 361.992,00 tonelada por ano com desvio padrão de 156.001,00 tonelada por ano, conforme dados apresentados na Tabela 8.

A escolha deste valor de referência foi possível após a aplicação do teste estatístico ANOVA, entre os dados de geração compartilhados pela COMLURB, estimados segundo a metodologia de Pinto (1999) e valores de geração publicados pelo SNIS. Conforme resultados obtidos na Seção 4.1, na Tabela 8 e Gráfico 12, os dados de geração de RCC foram estatisticamente iguais, de acordo com o intervalo de confiança o índice de 95%, entretanto, quando este teste foi realizado para o período entre 2011 e 2020, mantido o mesmo intervalo de confiança, foi comprovado que os valores médios destes três grupos de dados não são estatisticamente iguais, conforme resultados apresentados na Seção 4.2, na Tabela 9 e Gráfico 17. Após verificado a existência de diferença estatística, foi aplicado o método estatístico de Tukey, quando foi identificado que a diferença significativa ocorreu entre os valores de geração compartilhados pela COMLURB e a métrica de estimativa segundo Pinto (1999), contudo, não ocorreu diferença significativa entre a estimativa e os dados publicados pelo SNIS, segundo resultados ilustrados no Gráfico 18.

Isto posto, como não houve diferença significativa entre os valores médios estimados segundo métrica de Pinto (1999) e dados publicados pelo SNIS, estes dois grupos de dados foram selecionados para análise estatística mais detalhada, sendo assim, os valores de geração de RCC compartilhados pela COMLURB foram eliminados.

Como foram utilizados dois grupos de dados para análise estatística, foi aplicado o teste T considerando dois recortes temporais, para o período de 2006 a 2020, não foi identificado diferença, conforme resultados apresentados na Seção 4.2.1, no Gráfico 20 e Tabela 10. Entretanto, para o intervalo compreendido entre 2011 e 2020, foi comprovado a existência de diferença significativa, segundo dados evidenciados na Seção 4.2.2, Gráfico 22 e Tabela 11.

A hipótese encontrada para justificar a existência de diferença estatística significativa entre os dados analisados, é devido a mudança no sistema de gestão de resíduos da cidade do Rio de Janeiro, como apresentado na seção introdutória, o CTR – Rio, em Seropédica foi inaugurado em 20 de abril de 2011 (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021).

Deve ser destacado, que o modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos vigente, foi regularizado de forma gradativa, segundo informações apresentadas no Quadro 10, o início da validade das licenças municipais de operação da ETRs possuem data posterior a inauguração do CTR – Seropédica, sendo em dezesseis de abril de 2012 para ETR Marechal Hermes, em vinte de junho de 2012 a ETR Santa Cruz, em nove de abril de 2014 a ETR Caju, em nove de maio de 2014 a ETR Bangu e dezessete de junho de 2021 a ETR Jacarepaguá.

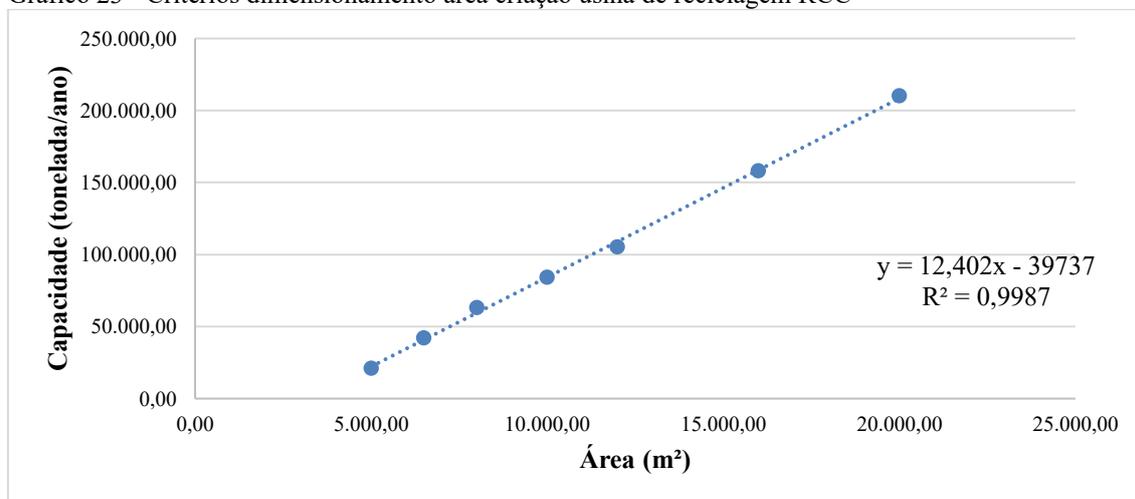
No que diz respeito a ETR de Jacarepaguá, como apresentado na seção introdutória, esta unidade foi o local responsável por receber os resíduos coletados na cidade desde o início da operação do aterro sanitário de Seropédica (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2011). Entretanto, de acordo com as informações apresentadas no Quadro 10, a concessão da licença de operação para atividade de Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos só foi concluída em dezessete de julho de 2021, sendo assim, pode ser afirmado que a ETR de Jacarepaguá operou em desacordo com a atividade ora licenciada desde o início de sua atividade.

Isto posto, com o início da operação do CTR – Rio em Seropédica, mais distante do centro urbano da cidade do Rio de Janeiro, em relação ao Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, assim como o CTR Gericinó, desativados em junho de 2012 e abril de 2014, respectivamente. Somado à impossibilidade legal em destinar os resíduos da construção civil nas ETRs, devido esta atividade não estar contemplada nos objetos das licenças de operação, ocasionou como consequência a dispersão desta classe de resíduos, fato este que foi constatado através dos testes estatísticos realizados e discutidos neste capítulo, pelas razões expostas, recomenda-se adoção do modelo gestão proposto.

Diante do exposto, para realizar o dimensionamento da usina de reciclagem de RCC que atenda a demanda de geração de 361.992,00 tonelada por ano, conforme dados apresentados na Tabela 8, foi utilizado o critério de determinação da área, segundo os dados divulgados na Tabela 5 (JADOVSKI, 2005). Contudo, como a estimativa de produção de resíduos excede em

210.000,00 tonelada por ano, foi efetuada a verificação destes valores a fim de auferir o coeficiente de correlação linear de Pearson (r), assim como a obtenção da equação da reta ajustada, conforme ilustrado no Gráfico 23.

Gráfico 23 - Critérios dimensionamento área criação usina de reciclagem RCC

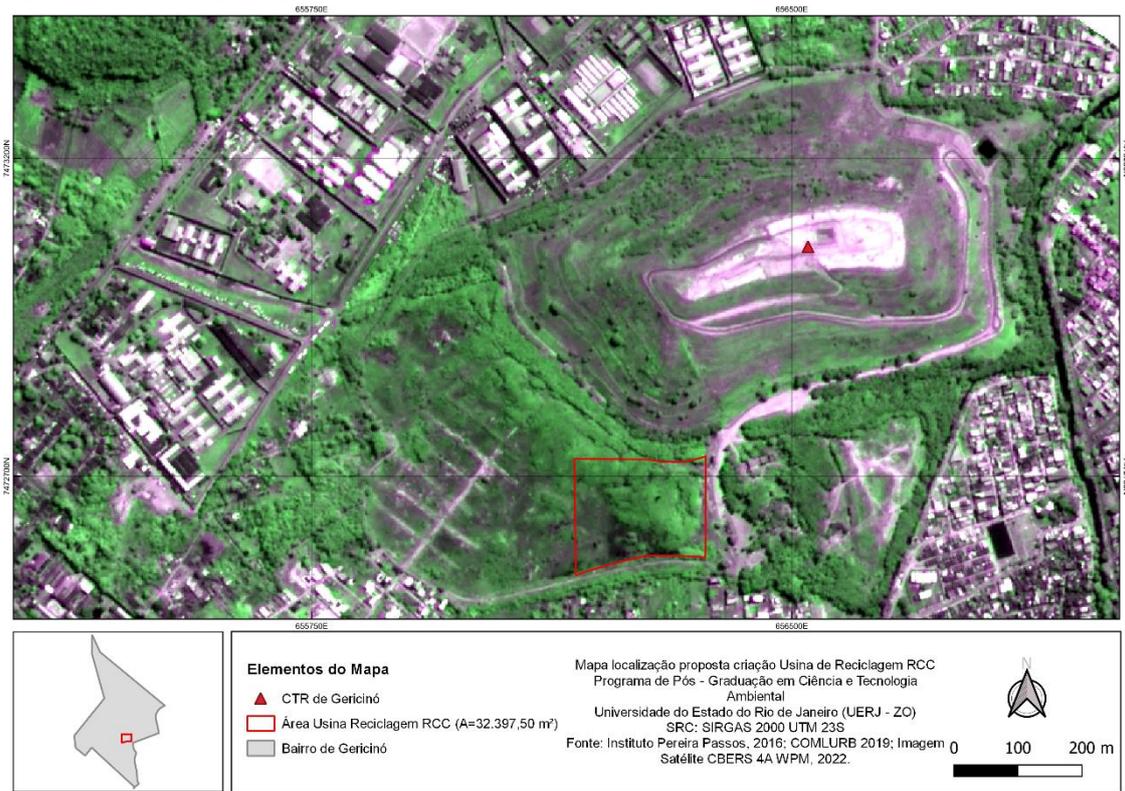


Fonte: Autor com base nos dados (JADOVSKI, 2005).

De acordo com o que pode ser verificado, o valor do R^2 foi de 0,9987, representando assim uma probabilidade de 99,87%. Quanto ao valor do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) obtido foi de 0,9993, desta forma, conclui-se que há uma forte relação, uma vez que este resultado está muito próximo de 1 (um). Diante das justificativas expostas, pode ser atestado que a equação da reta ajustada é uma boa representação dos dados, como resultado da aplicação da equação, foi mensurado área total de 32.397,50 m², por isso, é proposta a adoção de área com esta dimensão, selecionada também segundo critérios de disponibilidade de vias de acesso para veículos transportadores de resíduos, assim como a delimitação fora das Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas de acordo com a legislação (BRASIL, 2012), conforme ilustrado nas Figuras 15 e 16.

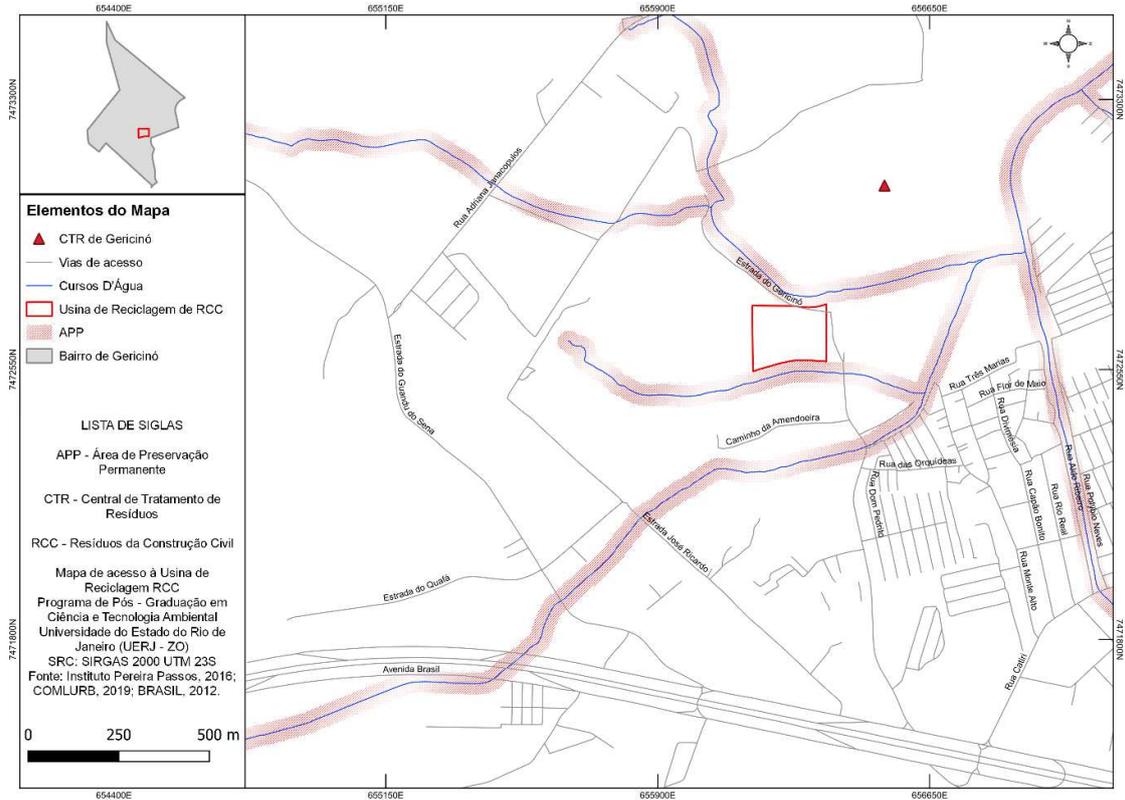
Por último, quanto ao modelo proposto para gestão dos resíduos da construção civil da cidade do Rio de Janeiro, de acordo com os critérios apresentados, é sugerido a adequação das ETRs administradas pela COMLURB para possibilitar o recebimento dos RCC de forma temporária para posterior envio a usina de reciclagem, a proposição deste molde está ilustrada na Figura 17.

Figura 15 - Área proposta para criação usinas de reciclagem de RCC



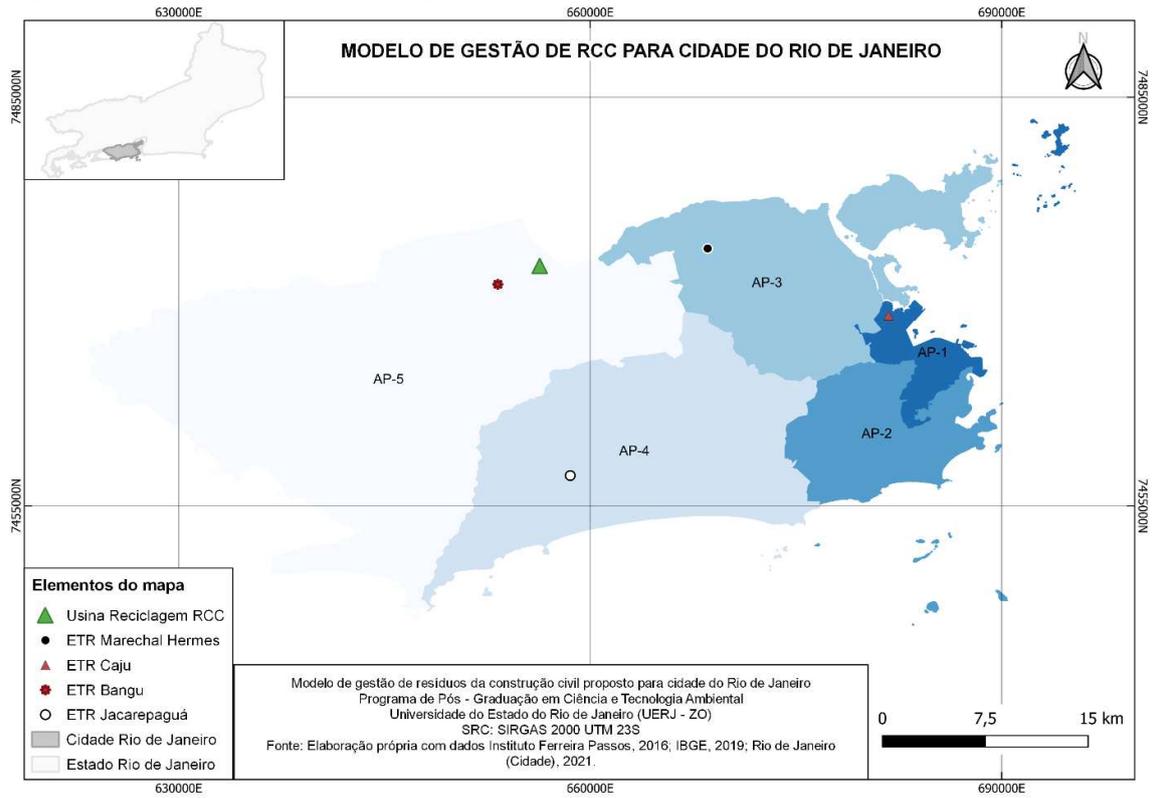
Fonte: Autor (2022).

Figura 16 - Acesso à usina de reciclagem de RCC segundo critérios de seleção



Fonte: Autor (2022).

Figura 17 - Modelo de gestão de RCC para cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Autor (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado o mapeamento dos locais autorizados o descarte de RCC gerados na cidade do Rio de Janeiro, este tópico foi dissertado na Seção 4.3, onde foi atestado que as ETRs geridas pela COMLURB são regularizadas pelo órgão ambiental para atividade de Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos, logo, não é previsto na operação das ETRs o recebimento de RCC. Foi constatado ainda, que a ETR de Jacarepaguá obteve o processo de regularização para tal atividade iniciado em 18 de fevereiro de 2011, quando foi requerido a renovação da licença de operação para usina de reciclagem e compostagem de lixo, como esta unidade foi responsável por receber os resíduos coletados na cidade desde o início da operação do aterro sanitário de Seropédica, inaugurado em 20 de abril de 2011, pode ser afirmado que a ETR de Jacarepaguá operou em desacordo com a atividade ora licenciada desde o início de sua atividade, já que a concessão da licença para operar como Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos foi concluída somente em 17 de julho de 2021, conforme apresentado no Quadro 10.

No que diz respeito ao aterro sanitário de Seropédica, dentre as atividades regularizadas pelo órgão ambiental, contempla a disposição de resíduos Classe II de origem residencial, comercial e industrial. Sendo assim, não é considerado no objeto da licença a execução da atividade de recebimento de RCC, conforme informações do Quadro 11. Embora, a cobrança para vazamento desta classe de resíduos no CTR – Rio, em Seropédica esteja prevista, conforme o Item 4A da tabela de valores dos serviços especiais a serem cobrados e arrecadados pela COMLURB, estabelecida no § 1º do Art. 1º da Portaria N°3-R (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2021). Desta forma, pode ser afirmado que o Aterro Sanitário recebe RSI, dentre os quais contempla os RCC, sendo assim, em desacordo com o objeto da licença de operação expedida pelo órgão ambiental, assim como o "§ 1º do Art. 4º da Resolução CONAMA 448, este que estabelece que resíduos da construção civil não podem ser destinados para aterros sanitários de resíduos sólido urbanos (BRASIL, 2012).

Sobre as nove empresas apresentadas pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro como opção para disposição dos RCC, segundo Quadro 12, somente cinco possuem registro de recebimento destes materiais, de acordo com dados do sistema de manifestos de resíduos compartilhados pela GERILAM do INEA. Neste levantamento foi constatado que a Arco da Aliança Comércio e Serviços Eireli recebeu majoritariamente materiais transportados por

empresas de seu grupo, uma vez que 99,98% dos resíduos destinados neste local foram transportados por empresas com nome fantasia Terra Prometida. Quanto ao destinador Tamoio Mineração, foi comprovada a baixa adesão dos transportadores credenciados pela COMLURB que efetuaram o descarte de RCC neste lugar, já que estes corresponderam a 3,35% do total de materiais recebidos. Sobre a Liej Materiais de Construção Ltda, se for excluída a quantidade de resíduos transportados por essa empresa, somente 1,46% do total de materiais recebidos foram coletados por outras instituições regularizadas pela COMLURB, sendo assim, comprovando também o baixo envolvimento das credenciadas no descarte de RCC neste local.

Já a empresa Top Líder Transporte e Locação de Equipamentos Ltda Epp, apareceu como uma opção de descarte utilizada pelas instituições credenciadas pela COMLURB, uma vez que 55,08 % do montante de resíduos encaminhados para esse local, foram recolhidos por entidades regularizadas por esse órgão. Por último, o destinador Mineração Galácia Ltda não foi utilizado como opção de descarte pelas empresas que possuem credenciamento na COMLURB. Como já exposto na Seção 4.3, é obrigatório que pessoas jurídicas que executam os serviços de coleta e remoção de RCC e RSI na cidade do Rio de Janeiro, sejam cadastradas na COMLURB, conforme determinado no Art. 1º da Portaria “N” COMLURB N° 001 (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2022).

Quanto ao objetivo específico relativo à criação da usina de reciclagem de RCC, para atendimento à demanda das regiões de maior geração, foi proposta adequação de quatro ETRs administradas pela COMLURB para possibilitar o recebimento temporário destes materiais, sendo assim, foi constatado que tal adaptação deve iniciar prioritariamente pela ETR de Jacarepaguá, uma vez que a AP4 correspondeu a 50,70% do total de resíduos estimados no município. Em segunda ordem de prioridade, foi recomendado a adequação da ETR de Marechal Hermes, uma vez que a AP3 representou 17,66% do montante de resíduos calculados. Já em terceira ordem de prioridade, foi sugerido o ajustamento da ETR de Bangu, pois a AP5 correspondeu a 16,59% do volume de materiais estimados. Por último, foi sugerido adaptação da ETR do Caju, por ser uma unidade estratégica para receber resíduos provenientes da AP2 e AP1, regiões onde foram estimados a geração de 8,28% e 6,77% respectivamente, do total de RCC produzidos no município do Rio de Janeiro.

Além da adequação destas unidades, foi apresentado a necessidade da criação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, para tal, é preciso disponibilidade de 32.397,50 m² de área, além de oferta de vias de acesso para veículos transportadores de resíduos, assim como delimitação fora das APP, condições que foram atendidas conforme evidenciado nas Figuras 15 e 16. Isto posto, foi proposto novo modelo para gestão dos resíduos da construção

civil da cidade do Rio de Janeiro, de acordo com os critérios abordados, este molde foi ilustrado na Figura 17.

Em última análise, é recomendado a revogação do § 1º do Art. 17 da Portaria “N” COMLURB N°002 de 03 de fevereiro de 2022, pois este trecho determina a obrigatoriedade em destinar os resíduos de grandes geradores somente em instalações que façam parte do Sistema de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro operados ou formalmente autorizados por este órgão. Ressalta-se que, desde que comprovado que o local detenha licença de operação compatível com a atividade, inexistente justificativa técnica para proibição em dispor resíduos de grandes geradores, em destinadores regularizados por outras instituições de fiscalização e controle.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. 2004.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo. 2020.

ANGULO, S. C. et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 16, n. 3, set. 2011. 299-306. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/txmPSM6GMyNLpShXRgrzc5J/?lang=pt>>. Acesso em: 30 out. 2021.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p. ISBN ISBN 978-85-7780-848-9.

BEJA, I. A.; MOTTA, R.; BERNUCCI, L. Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil. **Construction and Building Materials**, São Paulo, 258, 20 Oct. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820315257>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

BERNARDES, A. et al. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 8, n. 3, out. 2008. 65-76. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5699/4306>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

BESSA, S. A. L.; MELLO, T. A. G.; LOURENÇO, K. K. Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/urbe/a/YKd78sYKLW9yYFFkL4Qw3mD/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 30 out. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307 de 05/07/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 13 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de ago. de 81, 9.393, de 19 de dez. de 1996, e 11.428, de 22 de

dez. de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de set. de 65. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 04 jun. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 448 de 18/01/2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=116060>>. Acesso em: 07 mai. 2022.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. ISBN ISBN 978-85-352-5954-4.

CARDOSO, A. C. F.; GALATTO, S. L.; GUADAGNIN, M. R. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, mar. 2014. Disponível em: <http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/254/209>. Acesso em: 02 nov. 2021.

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 17, n. 2, Jun. 2012. 187 - 192. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/q9Wx4VsPWtSPjZcRxxJMhJh/?lang=pt>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

COMLURB. COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Total anual de lixo municipal disposto nos aterros, segundo categoria no Município do Rio de Janeiro entre 1995-2020**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2021.

COMLURB. COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. Empresas credenciadas pela COMLURB para remoção de resíduos sólidos extraordinários, resíduos biológicos e resíduos sólidos inertes. **Rio Prefeitura**, 08 mar. 2022. Disponível em: <<https://comlurbnet.rio.rj.gov.br/extranet/credenciadas/listacredsEXTRANET.php>>. Acesso em: 08 out. 2022.

CONTREAS, M. et al. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, 123, 21 jul. 2016. 594-600. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816311448?via%3Dihub>>. Acesso em: 23 out. 2021.

DING, T.; XIAO, J. Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. **Waste Management**, Shanghai, 34, n. 11, nov. 2014. 2327-2334. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X14003341>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A. **Lixo e limpeza urbana: entender para educar**. Rio de Janeiro: UERJ: Depext, 2011. 58 p. ISBN ISBN 978-85-86065-09-5.

FIELD, A.; MILES, J.; FIELD, Z. **DISCOVERING STATISTICS USING R**. [S.l.]: SAGE Publications Ltd, 2012.

HUGO, V. **Processo SEI (SEI-070002/014271/2021)**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <021022020@uezo.edu.br> em 07 jun. 2022. Gerência de Acompanhamento de Instrumentos de Licenciamento Ambiental - GERILAM. [S.l.]. 2022.

INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. LO Nº IN011445. Processo nº EXT-PD/014.10456/2021. **Sistema de Consulta Unificada de Processos**, 08 fev. 2022. Disponível em:

<<http://200.20.53.7/SCUP/detalhamento/consultaDetalhamentoPad;IdProcesso=27888;NumeroProcesso=EXT-PD%2F014.10456%2F2021>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre. 2005.

KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Keele University. [S.l.]. 2004.

LLATAS, C. Methods for estimating construction and demolition (C&D) waste. **Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste**, Seville, feb. 2013. 25-52. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857096821500038#!>>. Acesso em: 03 nov. 2021.

MANO, E. B.; PACHECO, É. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. ISBN ISBN 978-85-212-0512-8.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Cidades e comunidades sustentáveis. **Nações Unidas Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

NUNES, K. R. A. et al. Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. **Waste Management**, Rio de Janeiro, 27, 2007. 1531-1540. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X06002728#!>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, v. 1, 2005. 196 p. ISBN ISBN: 85-86836-04-4. Disponível em: <https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. ISBN ISBN 978-85-7717-158-3. Disponível em:

<https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/291348/mod_resource/content/3/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf>. Acesso em: 30 out. 2021.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Decreto n.º 27.078 de 27 de setembro de 2006. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, 2006. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/DLFE-262099.pdf/DECRETOMUNICIPALN2.7.0.7.8.DE2.7.DESETEMBRODE2.0.0.6.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Prefeitura inicia operação da Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica. **Rio Prefeitura**, 20 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=1717907>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Empresas Licenciadas - RCC - SUBMA. **Rio Prefeitura**, 03 dez. 2018. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6769321/4225702/Listagem_empresas_licenciadas_RCC.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Portaria COMLURB Nº 2-N DE 29/01/2019. Estabelece as diretrizes para o credenciamento de pessoas jurídicas que desejam prestar serviços de coleta e remoção de resíduos sólidos especiais na Cidade do Rio de Janeiro. **Diário Oficial [do] Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, 01 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=374615>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Pregão Eletrônico - Contratação de serviços de encerramento técnico com manutenção do CTR-Gericinó e implementação de nova célula para Recepção de Resíduos da Construção Civil - RCC. **Pregão Nº 382/2019 | UASG 986001, SIGA PREGÃO**, 03 set. 2019. Disponível em: <<https://www.sigapregao.com.br/app/pregao/986001/382/2019>>. Acesso em: 04 jun. 2022.

RIO DE JANEIRO (Cidade). **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos - PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro (Base de dados - dez/2020)**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2021.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Portaria COMLURB Nº 3-R DE 30/09/2021. Estabelece valores a serem praticados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB, na prestação dos Serviços Especiais. **Diário Oficial [do] Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 5 out. 2021. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=421302>>. Acesso em: 06 mai. 2022.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Portaria "N" COMLURB Nº 002 de 03 de fevereiro de 2022. Estabelece as diretrizes e procedimentos para cadastrar e autorizar pessoas jurídicas a prestar serviços de coleta e remoção de resíduos sólidos especiais na cidade do Rio de Janeiro. **Diário Oficial [do] Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 15 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.rio.rj.gov.br/documents/91370/14237134/PORTARIA+N+COMLURB+N%C2%BA002+DE+03+DE+FEVEREIRO+DE+2022+-+CREDENCIAMENTO+RSE.pdf?version=1.0>>. Acesso em: 06 mai. 2022.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Portaria COMLURB Nº 1-N DE 03/02/2022. **Estabelece as diretrizes e procedimentos para cadastrar e autorizar pessoas jurídicas a prestar serviços de coleta e remoção de Resíduos de Construção Civil - RCC e Resíduos Sólidos Inertes - RSI na Cidade do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 08 fevereiro 2022. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=427208>>. Acesso em: 06 maio 2022.

RIO DE JANEIRO (Estado). Resolução CONEMA nº 79, de 07 de março 2018. Aprova a NOP-INEA-35 - norma operacional para o sistema online de manifesto de transporte de resíduos - SISTEMA MTR. **Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 13 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.salegis.com.br/wp-content/uploads/2018/03/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONEMA-N%C2%BA-79.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2022.

SMAC. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. Processo nº 00142004942011. **Rio Prefeitura. Secretaria municipal de meio ambiente - andamento de processos**, 18 abr. 2011. Disponível em: <<http://sidocca.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

SMAC. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. Processo nº 00142004942011. **Rio Prefeitura. Secretaria municipal de meio ambiente - andamento de processos**, 12 fev. 2019. Disponível em: <<http://sidocca.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 07 mai. 2022.

SMDEIS. SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, INOVAÇÃO E SIMPLIFICAÇÃO. Licenças e autorização ambientais emitidas. Licenças ambientais. **Rio Prefeitura**, 11 abr. 2022. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smdeis/exibeconteudo?id=12607499>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

SMPU. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. Licenças e Habite-se concedidos por ano. **Rio Prefeitura**, Rio de Janeiro, 2006 - 2020. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?id=4257827>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. Brasília. 2006-2020.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2019**. Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. Brasília, p. 244. 2020.

TCMRJ. TRIBUNAL DE CONTAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. TCMRJ suspende licitação para encerramento do aterro de Gericinó. **TCMRJ**, 11 set. 2019. Disponível em: <https://www.tcm.rj.gov.br/WEB/Site/Noticia_Detalhe.aspx?noticia=13836&detalhada=2&downloads=0>. Acesso em: 04 jun. 2022.

VILHENA, A. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4ª. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. ISBN ISBN 978-85-87345-02-8. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo_Municipal_2018.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2021.

VILLORIA SÁEZ, P.; PORRAS AMORES, C.; RÍO MERINO, M. Chapter 2: Estimation of construction and demolition waste. **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling**, Madrid, 2020. 13-30. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128190555000024?via%3Dihub>. Acesso em: 27 nov. 2021.