



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Marcio Henrique Krause de Almeida

Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2019

Marcio Henrique Krause de Almeida

Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração em Saneamento Ambiental: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Elisabeth Ritter

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A447 Almeida, Marcio Henrique Krause de.
Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro / Marcio
Henrique Krause de Almeida. – 2019.
102f.

Orientadora: Elisabeth Ritter.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Gestão integrada de
resíduos sólidos - Teses. 3. Reaproveitamento (Sobras, refugos,
etc.) - Teses. 4. Construção civil - Teses. 5. Rio de Janeiro (RJ) -
Teses. I. Ritter, Elisabeth. II. Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 628.4.036

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

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

Assinatura

Data

Marcio Henrique Krause de Almeida

Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em: 20 de março de 2019.

Banca examinadora:

Prof DSc. Elisabeth Ritter (Orientadora) - UERJ

Prof DSc. Maria Cristina Moreira Alves - UFRJ

Prof DSc. João Alberto Ferreira - UERJ

Rio de Janeiro

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Manoel Chagas *“in memoriam”* e Norma *“in memoriam”* por terem existido e terem dedicado suas vidas para darem de melhor a seus filhos.

À minha namorada Rafaela, pelo apoio e incentivo constantes.

A todos os meus familiares, em especial à minha filha Fernanda e aos meus netos João e Pedro e amigos que compreenderam minha ausência em vários momentos, mas ainda assim me incentivaram constantemente.

À professora Elisabeth Ritter pelos conhecimentos transmitidos, além da educação, paciência e disponibilidade de sempre ao longo de todo o mestrado.

A todos os professores e colegas do PEAMB pelas experiências compartilhadas e pelos ensinamentos adquiridos ao longo do curso.

A esta instituição símbolo de excelência, resistência e resiliência: UERJ!

Ao engenheiro João Carlos Xavier de Brito da COMLURB pelas inúmeras contribuições ao trabalho e pela revisão final do conteúdo.

Aos técnicos da empresa Natura Ambiental, Marcelo Cerqueira e Thais Gandelman que me receberam na empresa e contribuíram para o trabalho.

Aos engenheiros José Henrique Penido Monteiro, Claudia Froes Ferreira e Paulo Nagib Jardim da Diretoria Técnica e de Engenharia da COMLURB, ao engenheiro Lydio Bandeira de Mello da SINDUSCON – RIO, ao arquiteto Alberto Cabral da Secretaria de Conservação e Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro, aos técnicos da Superintendência de Limpeza Urbana da Cidade de Belo Horizonte Fernando Muzzi e Pedro Heller e ao ex-secretário da Cidade de Jundiaí Aguinaldo Leite pelas informações prestadas.

Meu muito obrigado a todos vocês.

As economias industriais modernas são vistas por pesquisadores em ecologia industrial, metaforicamente, como organismos vivos. Elas "ingerem" matérias-primas, que são "metabolizadas" para produzir bens e serviços, e "excretam" resíduos na forma de materiais descartados e poluição.

EMILY MATTHEWS

RESUMO

ALMEIDA, Marcio Henrique Krause. *Gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro*. 2019. - 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

As usinas de beneficiamento de resíduos da construção civil (RCD) estão instaladas, pelo menos, nas grandes metrópoles e nas regiões mais populosas do País. Há inúmeras pesquisas validando a substituição de agregados naturais por agregados reciclados em obras e serviços da construção civil. Apesar de o agregado reciclado continuar sendo produzido nas usinas de beneficiamento de RCD, a sua aceitação no mercado enfrenta dificuldades. O objetivo do trabalho foi levantar o potencial de produção de agregado reciclado, as suas diversas formas de utilização e as dificuldades que impedem este produto se estabelecer no mercado, em especial no Município do Rio de Janeiro. A partir de dados levantados junto à COMLURB, ABRECON, SINDUSCON e a SECONSERMA, procurou-se avaliar a gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro diante dos desafios de uma metrópole e da legislação vigente. Como principal resultado deste estudo, destacam-se a quantificação da geração de RCD, a capacidade operacional das empresas licenciadas para destinação e/ou beneficiamento de agregado reciclado e os principais fatores que poderiam reduzir a destinação inadequada do RCD e incrementar o uso de agregado reciclado no mercado do Município do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: RCD. Usinas de Beneficiamento de RCD. Agregado Reciclado

ABSTRACT

ALMEIDA, Marcio Henrique Krause. *CDW Management in the Rio de Janeiro Municipality*. 2019. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The construction waste treatment plants (CDW) are installed in at least the large metropolises and the most populous regions of the country. There is a great deal of research validating the replacement of natural aggregates by recycled aggregates in construction works and services. Although the recycled aggregate continues to be produced at CDW processing plants, its acceptance in the market is facing difficulties. The objective of the work was to raise the potential of the production of recycled aggregate, its various forms of use and the difficulties that prevent this product from establishing itself in the market, especially in the Municipality of Rio de Janeiro. Based on data gathered from COMLURB, ABRECON, SINDUSCON and SECONSERMA, an attempt was made to evaluate CDW management in the city of Rio de Janeiro, facing the challenges of a metropolis and the current legislation. The main result of this study is the quantification of CDW generation, the operational capacity of licensed companies for the disposal and / or processing of recycled aggregates, and the main factors that could reduce the inadequate destination of CDW and increase the use of recycled aggregate in the market of the Municipality of Rio de Janeiro.

Keywords: CDW. CDW Processing Plants. Recycled Aggregate

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ATT	Área de Transbordo e Triagem
BRT	Sistema Rápido de Transporte Coletivo
CECA	Comissão Estadual de Controle Ambiental
CDURP	Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto da Cidade do Rio de Janeiro
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMAC	Câmara Setorial Permanente de Resíduos
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
DVREC	Divisão de Reciclagem
DPTDR	Departamento de Tratamento e Disposição de Resíduos
ERE	Estação de Reciclagem de Entulho
ETR	Estação de Transferência de Resíduos
FPM	Fundo de Participação dos Municípios
GEE	Gases de Efeito Estufa
GERESOL	Divisão de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
LMO	Licença Municipal de Operação

MARE	Manual de Aplicação do Agregado Reciclado
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
NBR	Norma Brasileira
NTR	Nota de Transporte de Resíduos
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PGRCC	Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil
PMGIRS	Pano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SCO	Sistema de Custo para Obras e Serviços de Engenharia
SECONSERMA	Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção
SINICON	Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMSP	Secretaria Municipal de Serviços Públicos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SUBMA	Gerência Técnica Regional da SECONSERMA
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
URBEL	Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte
URPV	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Setores da economia brasileira.....	19
Tabela 2 – Municípios com manejo e processamento de RCD - Brasil e Regiões	28
Tabela 3 – Quantidade de unidades de processamento de RCD, segundo a Região Geográfica.....	29
Tabela 4 – Capacidades das ERE's.....	41
Tabela 5 – RCD gerado por etapa de obra e a sua reutilização	46
Tabela 6 – Produtos (agregados reciclados) oriundos da reciclagem de RCD	48
Tabela 7 – Preço de venda de agregado reciclado por estados brasileiros e Distrito Federal	55
Tabela 8 – Empresas licenciadas - RCD.....	65
Tabela 9 – Média geral da gravimetria do lixo público da Usina de Jacarepaguá ETR de Santa Cruz, ETR de Marechal Hermes e Usina do Caju.....	69
Tabela 10 – Utilização de agregados reciclados de RCD em obras e serviços de engenharia no Município do Rio de Janeiro.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – RCD coletado no Brasil e Regiões - 2013 a 2017	20
Figura 2 – Estimativa de quantidades de RCD e agregado reciclado produzidas no País.....	23
Figura 3 – Caracterização média do RCD na Cidade do Recife	24
Figura 4 – Caracterização média do RCD em 4 obras situadas na Cidade do Rio de Janeiro	25
Figura 5 – Levantamento de usinas de beneficiamento de RCD no Brasil - 1993 a 2015	35
Figura 6 – Concentração de usinas por estado brasileiro.....	36
Figura 7 – Capacidade nominal de produção das usinas	38
Figura 8 – Situação das usinas brasileiras	39
Figura 9 – ERE BR-040	40
Figura 10 – Usina de beneficiamento de Jundiá.....	44
Figura 11 – Fluxograma de gestão de RCD.....	45
Figura 12 – Agregado reciclado: Areia.....	49
Figura 13 – Agregado reciclado: Pedrisco.....	49
Figura 14 – Agregado reciclado: Brita 1.....	49
Figura 15 – Agregado reciclado: Rachão	49
Figura 16 – Frequência de ensaios tecnológicos nos produtos	52
Figura 17 – Consumo brasileiro de agregado por setor e matéria-prima para indústria, cimento e cerâmica	53
Figura 18 – Principais clientes de agregado reciclado.....	54
Figura 19 – Fatores que dificultam o mercado de agregado reciclado em Belo Horizonte.....	56
Figura 20 – Principais causas de dificuldades na venda de agregado reciclado	57
Figura 21 – Áreas de planejamento	61
Figura 22 – Tipos de resíduos encaminhados às usinas de disposição final do sistema público da Cidade do Rio de Janeiro.....	63
Figura 23 – Ecoparque do Caju - COMLURB.....	70
Figura 24 – AVB 0634/2018	71
Figura 25 – Planta da usina de beneficiamento de RCD no Ecoparque.....	72

Figura 26 – Fluxograma operacional da usina de beneficiamento de RCD	74
Figura 27 – Entrada da usina de beneficiamento de RCD.....	75
Figura 28 – Linha de triagem (Trommel e Esteiras Mecanizadas).....	75
Figura 29 – Início de beneficiamento.....	76
Figura 30 – Triagem no Trommel.....	76
Figura 31 – RCD peneirado.....	76
Figura 32 – RCD triado	76
Figura 33 – Britador móvel	77
Figura 34 – Placa indicativa da parceria Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro / Natura Ambiental.....	78
Figura 35 – Pavimentação do piso.....	78
Figura 36 – Pavimentação da pista de caminhada.....	78
Figura 37 – Matriz ANSOFF.....	81

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
Panorama Geral da Gestão dos RCD no Brasil	15
Objetivo Geral	17
Objetivos Específicos	17
Estrutura da Dissertação	17
1 REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.1 Indústria da Construção Civil	18
1.2 Geração de RCD	19
1.2.1 <u>Geração de RCD x Geração de Agregado Reciclado</u>	22
1.2.2 <u>Caracterização do RCD</u>	23
1.3 Fatores Regionais que Afetam à Gestão de RCD	25
1.4 Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil - PGRCC	26
1.5 Legislação, Normas Técnicas e Responsabilidades	30
1.5.1 <u>Resolução CONAMA 307/2002 e suas Alterações</u>	30
1.5.2 <u>Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)</u>	32
1.5.3 <u>Normas ABNT</u>	33
1.6 Unidades de Recebimento e Beneficiamento de RCD	34
1.6.1 <u>Unidades em operação na Cidade de Belo Horizonte</u>	39
1.6.2 <u>Unidades em operação na Cidade de Jundiaí</u>	43
1.7 Agregado Reciclado	46
1.7.1 <u>Qualidade do Produto</u>	50
1.7.2 <u>Informações Mercadológicas</u>	52
2 METODOLOGIA	58
3 ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	60
3.1 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	61
3.2 Unidades de Recebimento e Beneficiamento de RCD Licenciadas	64
3.3 Geração de RCD x Geração de Agregado Reciclado	67
3.4 Ecoparque do Caju	69
3.5 Usina de Beneficiamento de RCD da Natura / COMLURB	71
3.6 Mercado do Agregado Reciclado	79
3.7 Legislação Estadual	83

3.8	Legislação Municipal	84
4	PROPOSTAS DE AÇÕES A SEREM IMPLEMENTADAS	88
	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS	93

INTRODUÇÃO

Panorama Geral da Gestão dos RCD no Brasil

A indústria da construção civil, reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento socioeconômico do País, tem o poder de gerar empregos em diversos setores e influenciar diretamente na arrecadação de impostos do governo. Por outro lado, é responsável pela geração de grande quantidade de resíduos sólidos, que apesar de não apresentarem grandes riscos ambientais em razão de suas características químicas e minerais serem semelhantes aos agregados naturais e solos podem causar, devido a esta grande quantidade, diversos impactos ao meio ambiente (ANGULO, 2000). Estes resíduos gerados são denominados resíduos da construção e demolição (RCD).

Altos índices de desperdícios de resíduos não podem ser atribuídos somente à indústria da construção civil porém, estes (RCD) se destacam pois o consumo desnecessário de material resulta em uma alta geração de resíduos, causa diversos transtornos às cidades, reduz a disponibilidade futura de materiais e energia, e provoca uma demanda desnecessária no sistema de transporte (FARIAS, FUCALE, GUSMÃO, 2016).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os municípios brasileiros coletaram em torno de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017. Essa quantidade, também observada em anos anteriores, exige atenção especial, já que a geração total desses resíduos é ainda maior, tendo em vista que as empresas municipais de limpeza urbana, via de regra, coletam os RCD lançados ou abandonados nos logradouros públicos como lixo público (ABRELPE, 2017).

Estima-se uma geração anual de RCD de 108 milhões de toneladas para uma população brasileira de 208 milhões de habitantes (IBGE, 2018), considerando uma geração per capita de 0,52 tonelada/habitante/ano (CABRAL, 2007).

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) informa que existem usinas de beneficiamento de RCD, pelo

menos, nas grandes metrópoles e nas regiões mais populosas do País (ABRECON, 2017), com uma produção considerável de agregado reciclado.

Por sua vez, estudos indicam que o consumo da massa de agregado natural está na faixa de 380 milhões de toneladas/ano. O setor privado é o grande consumidor desse mercado, com 330 milhões de toneladas/ano, sendo o restante é consumido pelo setor público. Entretanto, cabe ressaltar que, mesmo que todo o RCD gerado fosse transformado em agregado reciclado e destinado ao mercado, ainda assim representariam apenas 30%, aproximadamente, da demanda atual (JOHN et al., 2006).

Segundo a ABRECON, há um grande potencial de crescimento do setor da reciclagem de RCD no país. Se toda a capacidade operacional das usinas instalada fosse utilizada na produção de agregado reciclado, esta atenderia somente a 43% do mercado. No entanto, as usinas vêm operando, em média, com capacidade operacional reduzida. Muitos fatores podem estar relacionados a esta baixa produtividade, como as paradas para manutenção preventiva e corretiva habituais, a falta de matéria prima e o baixo mercado para o agregado reciclado. As principais causas para essa dificuldade de venda deste produto podem estar relacionadas à inexistência de uma legislação que efetivamente incentive o consumo do agregado reciclado em obras públicas, à bitributação e à falta de confiabilidade do produto, agravado pela crise do setor da construção civil (ABRECON, 2015; ABRECON, 2018).

Há inúmeras pesquisas validando a substituição de agregados naturais por agregados reciclados em obras e serviços da construção civil. Entretanto, o agregado reciclado somente se apresentará em boas condições de uso e conseqüentemente valorizado, se todas as etapas de sua produção, iniciando-se com a geração, a coleta e o beneficiamento de RCD e o seu controle de qualidade, acontecerem de maneira eficiente.

Diante disto, a proposta deste trabalho é levantar a capacidade de produção de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro - RJ, as suas formas de utilização e as dificuldades que impedem o seu mercado de deslanchar e propor ações que ajudem a dinamizar a sua utilização e a fundamentar um modelo de gestão sustentável, de acordo com a legislação e normas brasileiras.

Objetivo Geral

Levantar a capacidade produtiva de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro, as suas formas de utilização e as dificuldades que impedem-este produto se estabelecer no mercado.

Objetivos Específicos

- Identificar o potencial de produção de agregados reciclados e os possíveis benefícios de sua utilização através da nova gestão desses produtos pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB);
- Avaliar a gestão de RCD no Município do Rio de Janeiro;
- Identificar as dificuldades técnicas, comerciais e legais do mercado de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro;

Estrutura da dissertação

A estrutura do trabalho é baseada em conjuntos de informações distintos e complementares.

O Capítulo 1 apresenta o Referencial Teórico que embasou a discussão do tema, fornecendo dados sobre a geração dos RCD e a qualidade dos agregados reciclados, discutindo o PGRCC, apresentando usinas de beneficiamento já consolidadas e mostrando o embasamento legal vigente sobre o assunto.

Já o Capítulo 2 apresenta a Metodologia utilizada que permitiu efetuar o Estudo de Caso do Capítulo 3, com base nos elementos do município do Rio de Janeiro.

No Capítulo 4 é feita uma rápida avaliação dos elementos anteriores gerando as Propostas de Ações para Melhoria da Gestão do RCD e do Agregado Reciclado.

Em seguida, são apresentadas as principais Conclusões do trabalho.

Terminando a dissertação são fornecidas todas as Referências Bibliográficas utilizadas como subsídio para elaboração deste trabalho.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Indústria da Construção Civil

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento socioeconômico do País.

As relações intersetoriais da construção civil afetam praticamente todos os outros setores da economia. O aumento da produção da construção civil alavanca um crescimento substancial da economia, proporcionando emprego e renda a um grande número de trabalhadores, qualificados e não qualificados (KURESKI, 2011).

Porém, conforme o Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada (SINICON) (2017) o setor da construção civil em 2017 retrocedeu ao patamar de 2010, acumulando uma queda de 13,5% nos últimos três anos, transformando-se no setor que apresentou a queda mais intensa em relação aos demais setores (Tabela 1).

Além de ser um setor intensivo em mão de obra, a retomada mais lenta da construção civil preocupa porque ela responde por cerca de 50% dos investimentos da economia (SINICON, 2017).

O fraco desempenho da construção civil nos últimos anos é reflexo da forte queda nos investimentos públicos e da retração do mercado imobiliário, além da própria crise econômica.

Ainda assim, a indústria da construção civil é a que mais explora recursos naturais e a que mais gera resíduos (IBAM, 2001), correspondendo, em algumas cidades brasileiras a mais da metade da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) (CABRAL, 2007). Estes resíduos são denominados de resíduos da construção e demolição (RCD) em estudos mais recentes ou resíduos da construção civil (RCC) na legislação brasileira.

Tabela 1 – Setores da economia brasileira

Varição (%) acumulada em um ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Agropecuária	6,7	5,6	-3,1	8,4	2,8	3,6	-6,6		
Extrativa Mineral	14,9	3,5	-1,9	-3,2	9,1	4,8	-2,9		
Transformação	9,2	2,2	-2,4	3,0	-4,7	-10,4	-5,2		
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza	6,3	5,6	0,7	1,6	-1,9	-1,5	4,7		
Construção	13,1	8,2	3,2	4,5	-2,1	-6,5	-5,2	-5,0	1,8
Comércio	11,1	2,3	2,4	3,4	0,6	-8,7	-6,3		
Transporte, armazenamento e correio	11,2	4,3	2,0	2,6	1,5	-6,6	-7,1		
Serviço de informação	5,4	6,5	7,0	4,0	5,3	-0,5	-3,0		
Intermediação financeira e seguros	9,3	6,2	1,5	1,8	-0,6	-0,8	-2,8		
Atividades imobiliárias	4,9	1,9	5,1	5,1	0,7	-0,1	0,2		
Outros serviços	3,3	4,6	3,6	1,6	1,9	-1,9	-3,1		
APU, educação pública e saúde pública	2,2	1,9	1,3	2,2	0,1	-0,1	-0,1		
PIB	7,5	4,0	1,9	3,0	0,5	-3,8	3,6	0,5	2,3

Fonte: SINICON, 2017

Geralmente, durante as construções ocorrem desperdícios regulares de materiais, aliados ao descaso e/ou desconhecimento de alguns geradores pelo encaminhamento /reaproveitamento correto do RCD, os quais colocam a indústria da construção civil no centro das discussões pela busca da sustentabilidade de suas atividades (KARPINSKI et al, 2009).

Uma das causas mais prováveis deste desperdício, com o consequente aumento da geração de RCD, é a baixa condição educacional e cultural dos profissionais que trabalham no setor da construção civil.

Porém, esta grande geração de resíduos não se prende somente ao lado econômico de custo das obras civis, contribuindo também de forma decisiva para o assoreamento de corpos d'água, obstrução de corpos de drenagem, atração de vetores em função do acúmulo de outros resíduos nos chamados bota-foras, o que se reflete principalmente nos grandes centros urbanos com inundações e degradação da paisagem urbana (PACHECO, 2011).

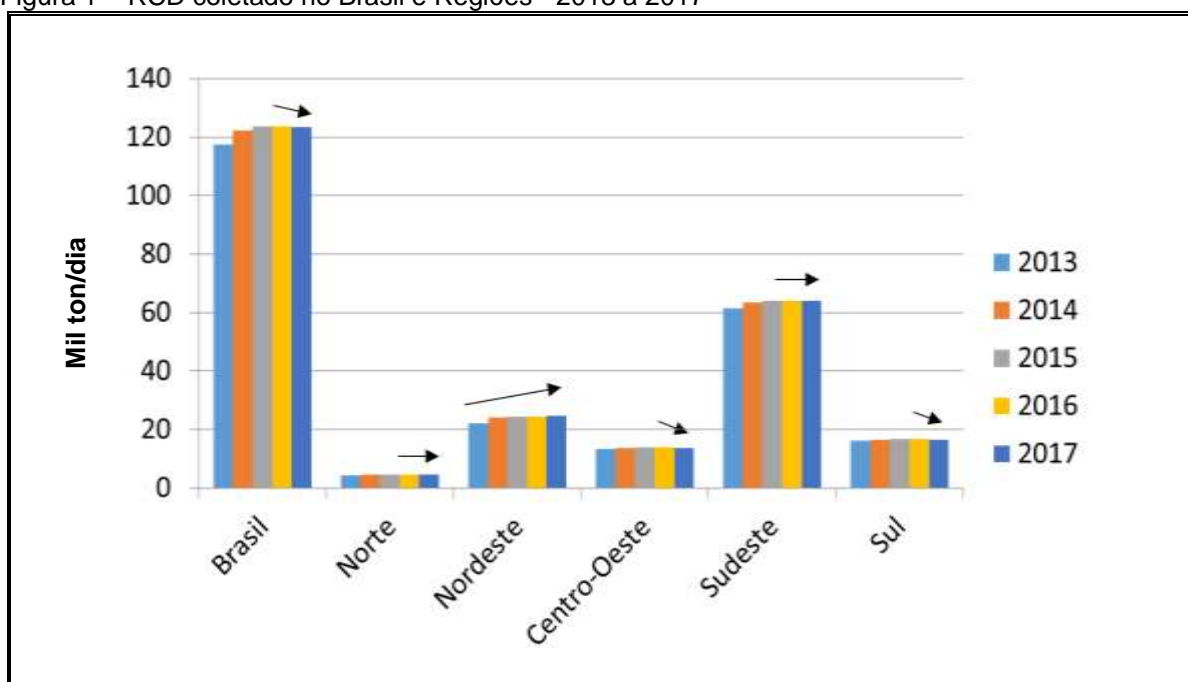
1.2 Geração de RCD

O RCD é aquele proveniente de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso,

telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulho de obras, calça ou metralha (CONAMA, 2002).

Conforme ABRELPE (2017), os municípios brasileiros coletaram aproximadamente 45 milhões de toneladas de RCD em 2017, praticamente o mesmo patamar do ano anterior, o que demonstra uma interrupção no comportamento de alta verificada até 2015 (Figura 1). Mesmo assim, demanda especial atenção, uma vez que a quantidade total desses resíduos pode ser ainda maior, pois, geralmente, os municípios recolhem apenas os resíduos lançados ou abandonados nos logradouros públicos.

Figura 1 – RCD coletado no Brasil e Regiões - 2013 a 2017



Fonte: Adaptado da ABRELPE, 2014, 2015, 2016 e 2017

Em relação às regiões do País, todas elas, Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, vinham tendo um crescimento na quantidade coletada de RCD até 2015. A partir daí, a região Nordeste foi a única que manteve um crescimento até a última pesquisa da ABRELPE, em 2017. Nas regiões Centro-Oeste e Sul houve redução na quantidade coletada em relação a 2016, enquanto que nas regiões Norte e Sudeste houve uma pequena recuperação em relação a 2016, aproximando-se do patamar de 2015.

A geração de RCD é influenciada por muitos fatores, dentre eles incluem-se as práticas de construção e demolição adotadas, os fatores de mercado e

econômicos, a estrutura reguladora que fornece incentivos para minimizar a geração de resíduos nos canteiros de obra e os desestímulos para dispor os resíduos em aterros (BAKOSS e RAVINDRARAJAH, 1999).

Segundo informações fornecidas diretamente por gestores locais, cuidados devem ser tomados em virtude da variabilidade nos números da produção de RCD nas cidades brasileiras. Um exemplo disso foi a enorme variação nas taxas de geração de RCD encontradas na Cidade de Belo Horizonte (RESENDE et al., 2017), que apresentou valores de 1,19 kg/habitante.dia a 0,16 kg/habitante.dia, evidenciando pouco controle ou falha na apuração dos dados.

A taxa média estimada como geração típica no Brasil é de 0,52 tonelada/habitante/ano, podendo crescer em cidades com economia mais forte e reduzir-se em municípios menores (MMA, 2011).

Diversas pesquisas apontam que o RCD já representa, em média, 50% do RSU produzido nas cidades brasileiras (CABRAL, 2007).

As estimativas de Pinto (1999) para algumas cidades brasileiras variaram entre 0,23 a 0,76 tonelada/habitante.ano. A mediana encontrada foi 0,51 tonelada/habitante/ano, valor coerente com as estimativas estrangeiras e com o valor adotado pelo MMA.

O Brasil registrou em 2017 uma taxa média de coleta de RCD, próxima, de 0,30 tonelada/habitante.ano. É importante ressaltar que somente os resíduos coletados foram considerados nesse cálculo (ABRELPE, 2017).

Ressalta-se que mais caracterizações são necessárias para se adotar um valor com maior representatividade, além de que pode haver diferenças representativas da média em relação à geração de um município de pequeno porte (KARPINSKI et al., 2009).

No cenário internacional, para efeito de comparação, a geração de RCD na Cidade de Lisboa, em Portugal, no ano de 2007, foi estimada em 0,60 tonelada/habitante.ano (MELO; GONÇALVES; MARTINS, 2011).

Outros exemplos puderam ser observados no relatório final da Comissão Europeia, no ano de 2017. Em relação à Espanha, a geração de RCD foi de 0,59 tonelada/habitante.ano e à Alemanha de 0,65 tonelada/habitante.ano, neste caso considerando somente: concreto, tijolo, azulejo e cerâmica (COMISSÃO EUROPEIA, 2017).

Segundo Pinto e González (2005), a geração de RCD é proveniente de construções de infraestrutura urbana, de responsabilidade do poder público e, principalmente, da iniciativa privada na construção de novas edificações (residenciais, comerciais, industriais e outras), nas ampliações e reformas de edificações existentes e de sua demolição, propiciando novos usos para o local. Eles ainda destacam que as principais causas responsáveis pela geração de RCD são:

- As reformas, ampliações e demolições que no conjunto, consistem na principal fonte;
- A construção de edificações novas, térreas ou de múltiplos pavimentos com área superior a 300 m², atividades quase sempre legalizadas;
- A construção de novas residências, tanto as de maior porte, geralmente legalizadas, quanto as de pequeno porte, geralmente informais.

Angulo et al. (2011) separaram os geradores de RCD em três tipos:

- Agente formal de construção: empresas legalizadas, responsáveis pela geração de grandes volumes (> 3 m³);
- Agente informal de grande reforma: pessoas que realizam ampliação ou reformas em residências já legalizadas e que geram grandes volumes (> 3 m³);
- Agente informal de pequena reforma: pessoas que realizam ampliação ou reformas em residências já legalizadas e que geram pequenos volumes (< 3 m³).

Segundo Guerra (2009), 75% de RCD gerados de atividades informais, como obras de construção, reformas e demolições, normalmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis, são dispostos irregularmente por toda a cidade.

1.2.1 Geração de RCD x Geração de Agregado Reciclado

Considerando a população brasileira de 208.500.000 habitantes (IBGE, 2018), com uma geração per capita de 0,52 tonelada/habitante.ano (CABRAL, 2007), estima-se uma geração de RCD de 108 milhões de toneladas/ano.

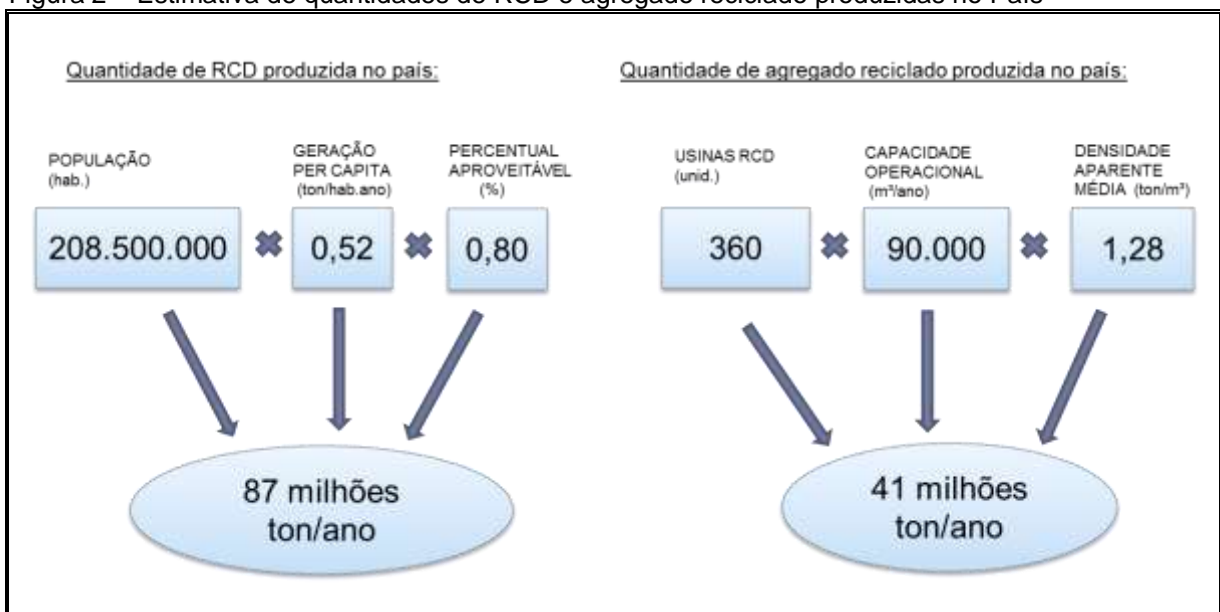
Sabendo-se que apenas 80% desta quantidade total são passíveis de serem transformados em agregados reciclados, já que 20% deste material são inservíveis e

contaminados por orgânicos (XAVIER, 2018), o montante a ser beneficiado seria de 87 milhões de toneladas/ano.

Considerando que existam 360 usinas de reciclagem de RCD no País (ABRECON, 2018), com uma capacidade operacional média por usina de 90.000 m³/ano (MIRANDA et al., 2016) e que a densidade média do RCD é de 1,28 toneladas/m³ (TESSARO, 2012) estima-se uma produção de agregado reciclado de 41 milhões de toneladas/ano (Figura 2).

Levando-se em conta estes cálculos, verifica-se que somente 48% dos RCD gerados têm condições de serem transformados em agregados reciclados.

Figura 2 – Estimativa de quantidades de RCD e agregado reciclado produzidas no País



Fontes: IBGE, 2018; CABRAL, 2007; Xavier, 2018; ABRECON, 2018; MIRANDA et al., 2016; TESSARO, 2012).

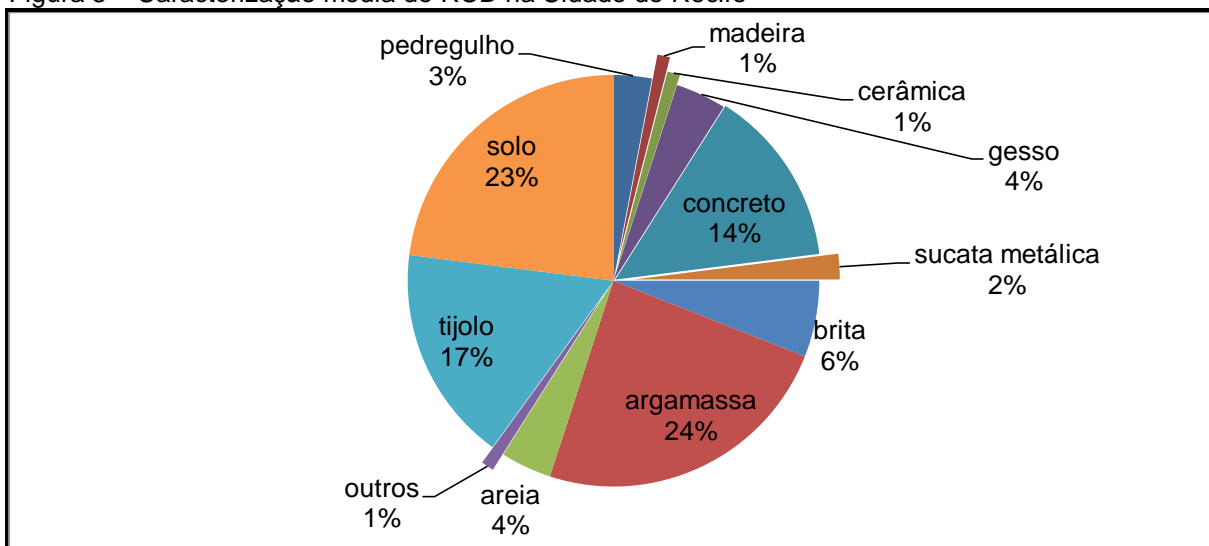
1.2.2 Caracterização do RCD

Cabral (2007) observou nas cidades de Campina Grande/PB; Maceió/AL; Porto Alegre/RS; Salvador/BA; São Carlos, São Paulo e Ribeirão Preto/SP que a argamassa, o concreto e o material cerâmico representavam juntos mais de 60% do RCD gerado. O restante era composto de rochas, solo e outros materiais.

Carneiro (2005) levantou a caracterização média do RCD na cidade do Recife. Observou que 91% (Figura 3) do total eram compostos de argamassa, solo,

tijolo, concreto, brita, areia e pedregulho, ou seja, materiais potencialmente recicláveis para retornarem a cadeia produtiva da construção civil. Também verificou a baixa quantidade de madeira, metal e papel presente no RCD, e isso, provavelmente, ocorreu devida, em grande parte, à coleta e comercialização desses resíduos por catadores.

Figura 3 – Caracterização média do RCD na Cidade do Recife



Fonte: Adaptado de Carneiro, 2004

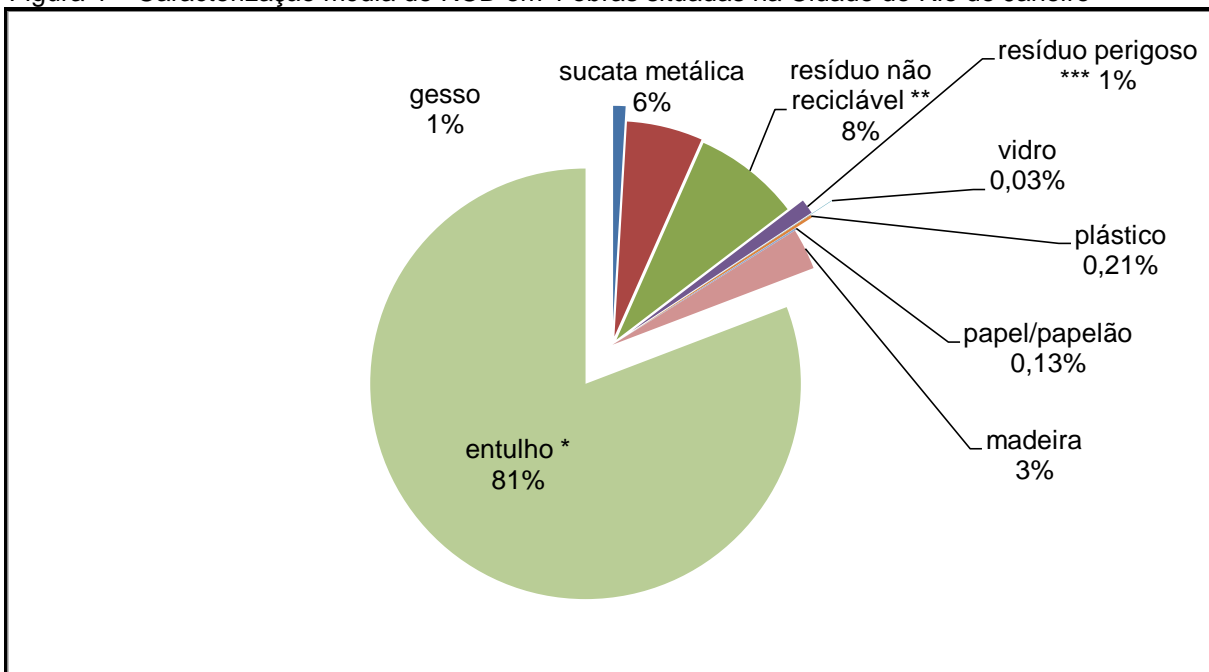
Para Fagury e Grande (2007) o RCD, devidamente reciclado, apresenta propriedades físicas e químicas apropriadas para o seu emprego como material de construção e é basicamente composto de:

- Concreto, argamassa e rochas;
- Blocos, tijolos e cerâmicas;
- Solos, areia e argila;
- Asfalto;
- Metais ferrosos;
- Madeiras;
- Outros materiais.

Pacheco (2011) verificou que, desconsiderando o solo de escavação que foi o material mais gerado nas quatro obras estudadas e o mesmo foi reaproveitado, o entulho (concreto + argamassa + fibrocimento + cerâmica + calça) foi o resíduo de maior quantidade, seguido da sucata metálica, dos resíduos não recicláveis (orgânico + heterogêneo + lixo extraordinário) e da madeira. Os resíduos de

papel/papelão, vidro e plástico apresentaram um pequeno índice comparado ao total geral. A presença de resíduos perigosos (solo contaminado, tintas, solventes, material com óleo e outros materiais indesejáveis) foi relativamente baixa na composição dos resíduos totais (Figura 4).

Figura 4 – Caracterização média do RCD em 4 obras situadas na Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado de Pacheco, 2011.

OBS.: * Entulho = concreto + argamassa + fibrocimento + cerâmica + calça.

** Resíduo não reciclável = orgânico + heterogêneo + lixo extraordinário.

*** Resíduo perigoso = solo contaminado + latas de tinta + material com óleo.

1.3 Fatores Regionais que Afetam a Gestão de RCD

Verifica-se uma maior propensão sobre a evolução da geração per capita dos RSU no Brasil devido, principalmente, à melhoria da renda da população pobre e a fatores culturais, como a redução do tamanho das famílias e a entrada da mulher no mercado de trabalho (CAMPOS, 2012).

O sucesso de um programa de desconstrução, que possibilita o reuso ou a reciclagem de materiais em novas construções, depende muito de fatores regionais, que devem ser avaliados para determinar se uma determinada cidade ou região apresenta condições à sua implantação (LANGUELL, 2001).

A densidade populacional, os depósitos de matéria-prima virgem e o nível de industrialização são fatores importantes que devem ser considerados quando se avalia a probabilidade de sucesso de um programa de reciclagem de RCD em um determinado local (LAURITZEN e HANSEN, 1997).

Segundo Costa et al. (2007) existem grandes diferenças sociais e econômicas nas cidades que implantaram programas de reciclagem de RCD em relação àquelas que não implantaram. Essas cidades que adotaram os referidos programas possuem: mais funcionários de nível médio em seu corpo técnico, renda anual maior, percentual de domicílios com água, existência de programas de coleta seletiva de lixo, programas de incentivo para geração de trabalho e renda e existência de áreas de recepção de entulho, a maioria relacionadas à gestão municipal.

Segundo dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE) (2017), durante o Fórum Internacional Waste Expo 2017, a União deveria induzir, via incentivos, a sistematização de contratos de adesão para a regionalização da gestão de resíduos, pois, caso contrário, somente seria viável financeiramente tratar os resíduos públicos de forma correta e individual para municípios com mais de 300 mil habitantes, que compõem hoje apenas 20% do total nacional.

Segundo Tomazelli (2017), 4.950 municípios (89% do total) estão mergulhados em dificuldades financeiras e sustentam uma dívida bilionária com o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS). De acordo com a Receita Federal, o passivo soma R\$ 99,6 bilhões em contribuições previdenciárias devidas. Essa inadimplência tem levado ao bloqueio de parcelas do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) e também à impossibilidade de repasse de transferências voluntárias, como emendas parlamentares.

1.4 Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil - PGRCC

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), além de introduzir novos objetivos e conceitos em relação aos resíduos sólidos, estabeleceu como um de seus mais importantes instrumentos os planos de resíduos sólidos para o

planejamento e gestão dos setores público e privado. Estes devem ser elaborados com ampla participação social e se aplicam à esfera nacional, estadual, municipal e ainda para os grandes geradores de resíduos.

Com relação a esta última classe, o Art. 20 da PNRS torna obrigatória a elaboração de planos de gerenciamento para todos os grandes geradores de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; de serviços públicos de saneamento; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes e de mineração (BRASIL, 2010).

Conforme o Art. 5º da Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, alterado pela Resolução CONAMA nº 448, de 18 de janeiro de 2012 é instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (CONAMA, 2012).

Em relação aos municípios e ao Distrito Federal, a elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), conforme previsto na Seção IV da PNRS, é condição para eles terem acesso a recursos da União. Nesse plano, são definidas as etapas de coleta; transporte; transbordo; tratamento, beneficiamento e valorização dos resíduos sólidos; e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Têm prioridade no acesso aos recursos da União os municípios que:

- Optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos;
- Implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

É de fundamental importância ter conhecimento da quantidade de resíduos gerados quando se quer elaborar um plano efetivo para o seu gerenciamento. São necessárias informações sobre os locais para onde esses resíduos são destinados, desde aqueles encaminhados a locais regulares, licenciados para o beneficiamento de RCD, como irregulares, geralmente utilizados para um simples descarte, sem a

preocupação de estar ou não causando impactos relevantes à saúde e ao meio ambiente.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (IBGE, 2010) realizada em 2008 levantou as condições do saneamento básico do País junto às prefeituras municipais e empresas contratadas para a prestação desses serviços nos 5.564 municípios existentes na data de referência da pesquisa. Ela foi realizada através do preenchimento de um questionário aplicado às empresas, órgãos públicos ou privados, prestadores de serviços de saneamento básico para atendimento à população de cada município, o que nem sempre corresponde à realidade do que está ocorrendo no município. As informações relativas à gestão de RCD (manejo e processamento) nas regiões brasileiras podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Municípios com manejo e processamento de RCD - Brasil e Regiões

Regiões	Municípios	Tipo de processamento dos RCD					
		Com serviço de manejo de RCD	Triagem simples de RCD reaproveitável (classes A e B)	Triagem e trituração de RCD classe A, com classificação granulométrica	Triagem e trituração simples de RCD classe A	Reaproveitamento do agregado na fabricação de componentes construtivos	Outros
BRASIL	5564 (*)	4031	124	14	20	79	204
NORTE	449	293	5	-	-	6	18
NORDESTE	1793	1454	38	4	6	32	118
CENTRO-OESTE	466	373	7	-	-	2	14
SUDESTE	1668	1272	50	7	12	25	38
SUL	1188	639	24	3	2	14	16

Fonte: PNSB - IBGE (2010)

Nota: (*) Conforme IBGE 2013, atualmente existem 5.570

Nota: O município pode apresentar mais de um tipo de processamento de RCD.

Segundo esta pesquisa, 4.031 municípios (72,4%) possuíam serviço de manejo de RCD e que somente 441 municípios executavam algum tipo de processamento do resíduo. Não informou e nem deixou claro o que os outros 3590 municípios fizeram com relação ao RCD.

Outras pesquisas realizadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), através do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos são relevantes, apesar de não alcançarem a totalidade dos municípios brasileiros (Tabela 3). Em 2010, 2.070 (37,2%) de um total de 5.565 municípios brasileiros responderam à pesquisa, correspondendo a 72,8% da população urbana do país. Em 2014, a participação dos municípios quase dobrou em relação ao ano de 2010, obtendo informações de 3.765 (67,6%) municípios e 86,1% da população urbana, o que possibilitou uma melhor compreensão da gestão de resíduos sólidos no país (FREITAS et al., 2017). Em 2016, na última pesquisa disponível, 3.670 municípios responderam, ou seja, 65,9% do total do País e 84,0% da população urbana, correspondendo a 146,3 milhões de habitantes urbanos. Neste ano, verificou-se uma pequena queda na participação dos municípios, em torno de 2%.

Tabela 3 – Quantidade de unidades de processamento de RCD, segundo a Região Geográfica

Tipo de unidade de processamento	Quantidade de unidades de processamento/região					Total de unidades
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
Área de transbordo e triagem de RCD e volumosos - ATT	1	2	0	14	20	37
Área de reciclagem de RCD (usina de reciclagem de RCD)	0	1	0	18	5	24
Aterro de RCD (antigo aterro de inertes)	0	3	6	37	9	55

Fonte: adaptado de Brasil, 2018.

Não foi possível comparar as informações das duas tabelas (2 e 3). Na pesquisa PNSB realizada em 2008, 4031 municípios informaram possuir algum tipo de manejo de RCD, enquanto que, na pesquisa SNIS-RS realizada em 2016, 116 municípios informaram possuir unidades de processamento de RCD. Não se obteve informações sobre a diferença de nomenclaturas.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), 3.245 municípios, isto é, 58% declararam não possuir o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), nos termos estabelecidos na PNRS.

Segundo o IBGE (2017), 45,2% dos 5.570 municípios brasileiros não possuem um plano integrado para a gestão de resíduos sólidos. A presença do plano tende a aumentar na medida em que se avança de faixas menores para maiores de tamanho de população do município, variando de 49,1% nos municípios de 5.001 a 10.000 habitantes para 83,3% nos com mais de 500.000 habitantes. Em relação às regiões geográficas, os percentuais mais elevados são os do Sul (78,9%), Centro-Oeste (58,5%) e Sudeste (56,6%). Situando-se abaixo da média nacional as Regiões Norte (54,2%) e Nordeste (36,3%). No âmbito estadual, os maiores índices são os do Mato Grosso do Sul (86,1%) e Paraná (83,1%) e os menores os da Bahia (22,1%) e Piauí (17,4%). Estados de peso, em termos de população, como o Rio de Janeiro (43,5%) e Minas Gerais (43,7%), situam-se abaixo da média nacional.

Apesar das diferentes fontes de pesquisas e dos diferentes períodos em que as pesquisas foram realizadas, houve um aumento no número de municípios que passaram a ter o seu PMGIRS.

1.5 Legislação, Normas Técnicas e Responsabilidades

Há um conjunto de leis e políticas públicas, além de normas técnicas fundamentais para a correta gestão de RCD, contribuindo para minimizar os impactos ambientais.

Os principais documentos legais a respeito do assunto estão comentados nos tópicos a seguir.

1.5.1 Resolução CONAMA 307/2002 e suas Alterações

A Resolução CONAMA nº 307 (CONAMA, 2002) define, classifica e estabelece os possíveis destinos finais dos resíduos da construção e demolição,

além de atribuir responsabilidades para o poder público municipal e também para os geradores de resíduos no que se refere à sua destinação.

Ela foi aprovada em 05 de julho de 2002 pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e posteriormente, sofreu alterações, através das Resoluções: 348/2004, que incluiu o amianto na classe de resíduos perigosos; 431/2011, que estabeleceu nova classificação para o gesso, incluindo-o na classe B; 448/2012 que alterou os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307; e 469/2015, que incluiu as embalagens vazias de tintas imobiliárias na classe B.

Os principais aspectos dessa Resolução nº 307 são (SINDUSCON, 2005):

- Definição: Resíduos da construção e demolição são os provenientes da construção, demolição, reformas, reparos e da preparação e escavação de solo;
- Princípios: priorizar a não geração de resíduos e proibir disposição final em locais inadequados, como aterros sanitários, em bota-foras, lotes vagos, corpos d'água, encostas e áreas protegidas por lei;
- Classificação e destinação:
 - Classe A - alvenaria, concreto, argamassas e solos. Destinação: reutilização ou reciclagem com uso na forma de agregados, além da disposição final em aterros licenciados;
 - Classe B - plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeira, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso. Destinação: reutilização, reciclagem ou armazenamento temporário;
 - Classe C - produtos sem tecnologia disponível para reciclagem e recuperação. Destinação: conforme norma técnica específica;
 - Classe D - resíduos perigosos (tintas, óleos, solventes, telhas e demais objetos que contenham amianto etc.), conforme NBR 10004:2004 (Resíduos Sólidos - Classificação);
Destinação: conforme norma técnica específica;
- Responsabilidades:
 - Municípios - elaborar Plano Integrado de Gerenciamento para geradores de pequenos volumes e aprovação dos empreendimentos dos geradores de grandes volumes;
 - Geradores - elaborar projetos de gerenciamento em obra (caracterizando os resíduos e indicando procedimentos para triagem, acondicionamento, transporte e destinação).

1.5.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/2010)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) se aplica a todos, pessoas físicas e jurídicas, de direito público e privado, responsáveis pela geração de resíduos sólidos e por ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, com exceção dos que geram resíduos radioativos, que são regulados por legislação própria.

Ela foi aprovada em 02 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

Trouxe conceitos inovadores tais como: acordos setoriais; responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; logística reversa; coleta seletiva; planos de resíduos sólidos; rejeitos e sistema nacional de informações sobre a gestão dos resíduos sólidos (PWC/SELUR/ABLP, 2014).

Os principais aspectos dessa PNRS são:

- Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Racionalização dos recursos naturais no processo produtivo de novos itens;
- Intensificação de ações de educação ambiental;
- Incentivo à indústria da reciclagem;
- Articulação entre as diferentes esferas do poder público e entre estas e o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira;
- Promoção da inclusão social;
- Capacitação técnica.

Destaque para o artigo 27º da PNRS, em seu parágrafo §1º, que também se aplica à indústria da construção civil, uma vez que alerta que a contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento ou destinação final de resíduos sólidos, ou de disposição final de rejeitos, não isenta as pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20º (o inciso III inclui as empresas de construção civil) da responsabilidade por danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos.

Outro destaque da PNRS é a questão da disponibilização de recursos e financiamentos pelo governo federal aos municípios que tenham desenvolvido seus

Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGRS), conforme mencionado no artigo 18º, recursos estes que deverão ser destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, incluindo aqueles referentes à gestão de RCD (ANDRADE, 2017).

1.5.3 Normas ABNT

Integradas às políticas públicas, as normas técnicas, representam importante instrumento para o exercício da responsabilidade de agentes públicos e dos geradores de resíduos.

Com o objetivo de propiciar o manejo correto do RCD em áreas específicas, foram elaboradas as seguintes normas técnicas:

- NBR 15112:2004 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Aplicação: recebimento dos resíduos para posterior triagem e valorização. Têm importante papel na logística da destinação dos resíduos e poderão, se licenciados para esta finalidade, processar resíduos para valorização e aproveitamento.
- NBR 15113:2004 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Aplicação: disposição dos resíduos classe A, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307, considerando critérios para reserva dos materiais para uso futuro ou disposição adequada ao aproveitamento posterior da área.
- NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Aplicação: reciclagem dos resíduos da construção Classe A em agregados reciclados destinados à reinserção na atividade da construção.

Com a possibilidade da reciclagem do RCD em agregados reciclados e o seu uso na atividade da construção, foram elaboradas as seguintes normas técnicas:

- NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.

- NBR 15116:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos (SINDUSCON, 2005).

1.6 Unidades de Recebimento e Beneficiamento de RCD

Os três tipos de atividades passíveis de licenciamento ambiental, destinadas ao recebimento e/ou beneficiamento de RCD são: Área de transbordo e triagem de RCD e resíduos volumosos (ATT), Aterro de resíduos Classe A e Usina de beneficiamento (ABRECON, 2018).

As áreas de transbordo e triagem de RCD e resíduos volumosos (ATT) têm como objetivo receber, segregar e armazenar temporariamente RCD e resíduos volumosos, e posteriormente enviá-los para aterro de resíduos classe A ou usina de beneficiamento (NBR - 15.112/2004). Na ATT, os resíduos são triados em função da sua natureza, sem a utilização de equipamentos de classificação, limpeza ou britagem (ABRECON, 2018).

Os aterros de resíduos classe A têm como objetivo a reserva de RCD (Classe A) para usos futuros, permitindo o seu retorno à cadeia produtiva, através da reciclagem (ABRECON, 2018). Devem ser empregadas técnicas de segregação, que permitam confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (NBR - 15.113/2004).

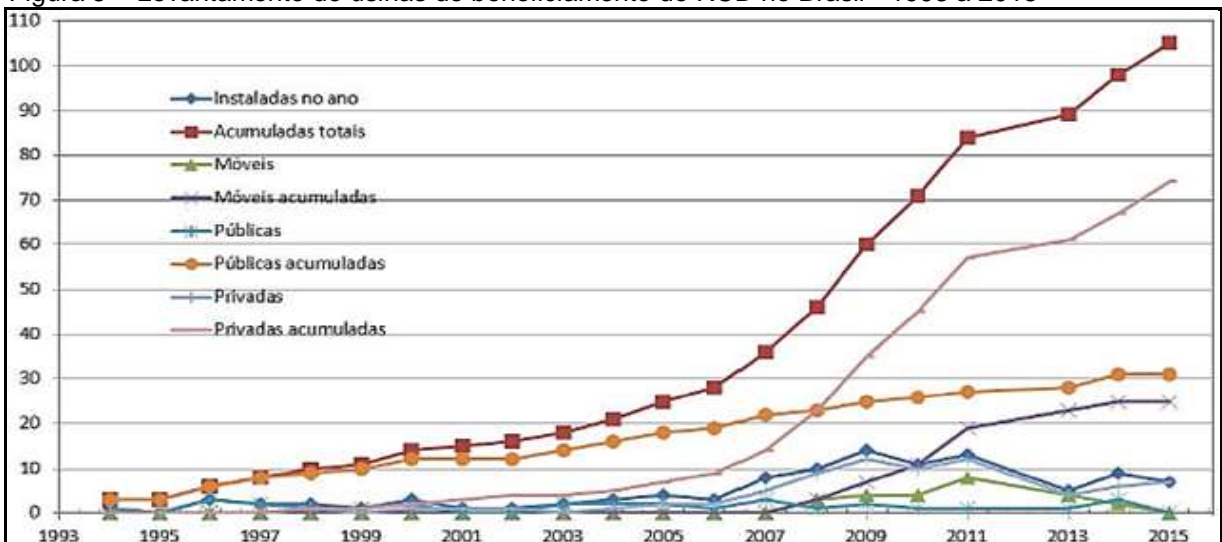
As usinas de beneficiamento ou reciclagem de RCD têm como objetivo transformar RCD em agregados reciclados aptos a serem utilizados como material de construção civil (NBR - 15.114/2004). De um modo geral, as usinas de beneficiamento dispõem de equipamentos do tipo: pá carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbula ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã, peneira vibratória, mas nenhuma apresenta uma rotina de controle de qualidade dos agregados produzidos (MIRANDA et al., 2009).

Através da pesquisa setorial finalizada pela ABRECON em 2018, 115 empresas do setor de recebimento e beneficiamento de RCD responderam ao

questionário aplicado, o que representa uma participação a esta última pesquisa 10% maior em relação à anterior. Entretanto estima-se que a quantidade de usinas existentes é de pelo menos 360 em todo o país (ABRECON, 2018).

A Figura 5 mostra a evolução do crescimento de usinas de beneficiamento no país ao longo dos anos (constam apenas as usinas que responderam as pesquisas da ABRECON). Foram distribuídas em usinas públicas ou privadas (ambas fixas) ou usinas móveis. As usinas fixas ainda são as mais utilizadas e representavam, em 2013, a maioria em todo o país (MIRANDA et al., 2016). Entretanto, os dados da pesquisa setorial de 2015 indicaram haver um movimento de crescimento de usinas móveis. Estas possuem a flexibilidade de serem transportadas para onde a obra estiver, ampliando o mercado, para âmbito nacional (ABRECON, 2015).

Figura 5 – Levantamento de usinas de beneficiamento de RCD no Brasil - 1993 a 2015



Fonte: Miranda et al, 2016

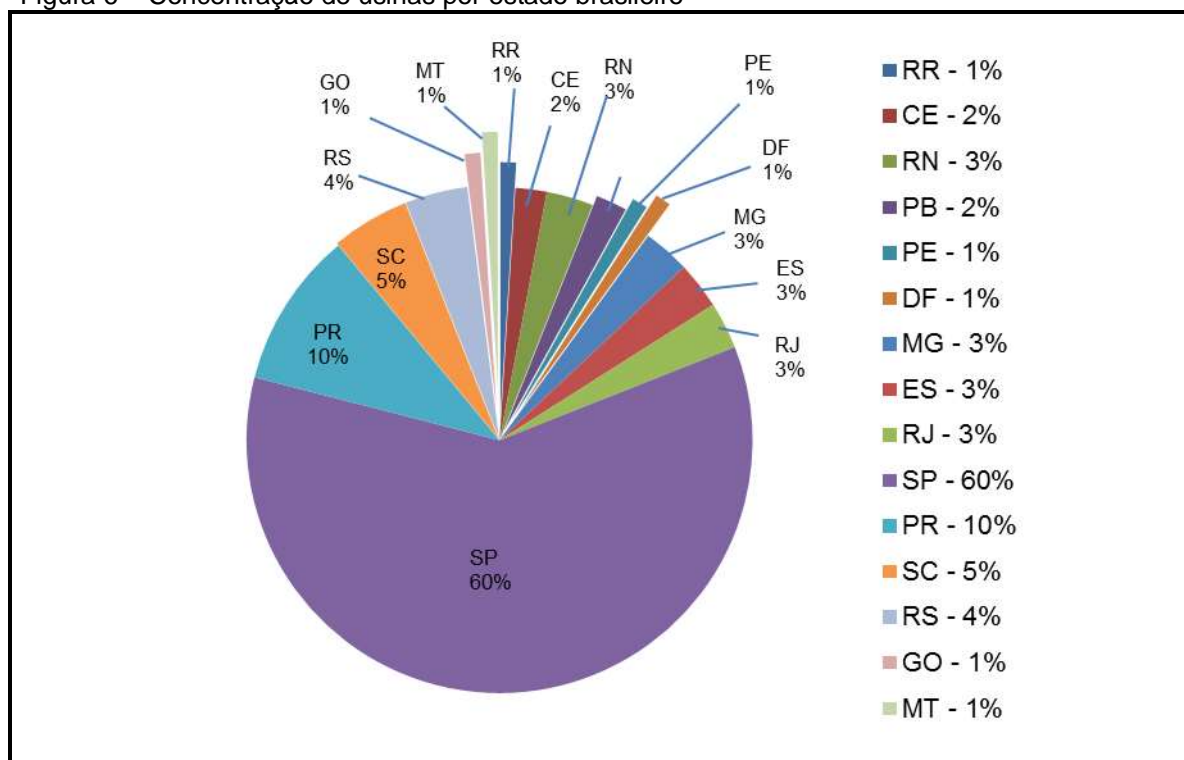
No ano de 2002, através de pesquisa realizada por Miranda et al. (2009) verificaram a existência de 16 usinas e estabeleceram uma taxa de crescimento máxima de três usinas/ano. No entanto, observaram, que a partir publicação da Resolução CONAMA nº 307/2002, esta taxa de crescimento passou a ser de nove usinas/ano.

Miranda et al. (2009) observaram também que, apesar da quantidade de usinas ter aumentado significativamente após a Resolução CONAMA 307 (2002), a capacidade brasileira potencial de produção de agregados reciclados está muito abaixo da geração de RCD em todo o país.

Considerando as pesquisas setoriais da ABRECON no período de 2008 a 2013, a taxa de crescimento passou a ser de 10,6 usinas/ano. Na pesquisa, entre 2013 e 2015, a taxa de crescimento se manteve estável (MIRANDA et al., 2016). Entretanto na última pesquisa (2017/2018), várias usinas alegaram ter iniciado sua atividade a menos de dois anos, caracterizando assim, um retorno ao crescimento do setor, representando uma taxa de crescimento de 10,5 usinas/ano. (ABRECON, 2018).

A Figura 6 apresenta um panorama da concentração de usinas nos estados brasileiros, de acordo com a última pesquisa setorial da ABRECON (2017/2018). O Estado de São Paulo continua a possuir o maior número de usinas no país, tendo aumentado sua representatividade de 54% em relação à pesquisa anterior, para 60% do total das usinas no país. Este estado responde pela maior atividade de construção civil no país e, por conseguinte, gera um maior volume de RCD. Situação diferente para o Estado do Rio de Janeiro que reduziu sua representatividade de 7% na pesquisa anterior, para 3% nessa última.

Figura 6 – Concentração de usinas por estado brasileiro



Fonte: ABRECON, 2018

Avaliando por região, observa-se também que a Região Sudeste se destaca em relação à instalação de novas usinas. Nos últimos dois anos, cerca de 70% das

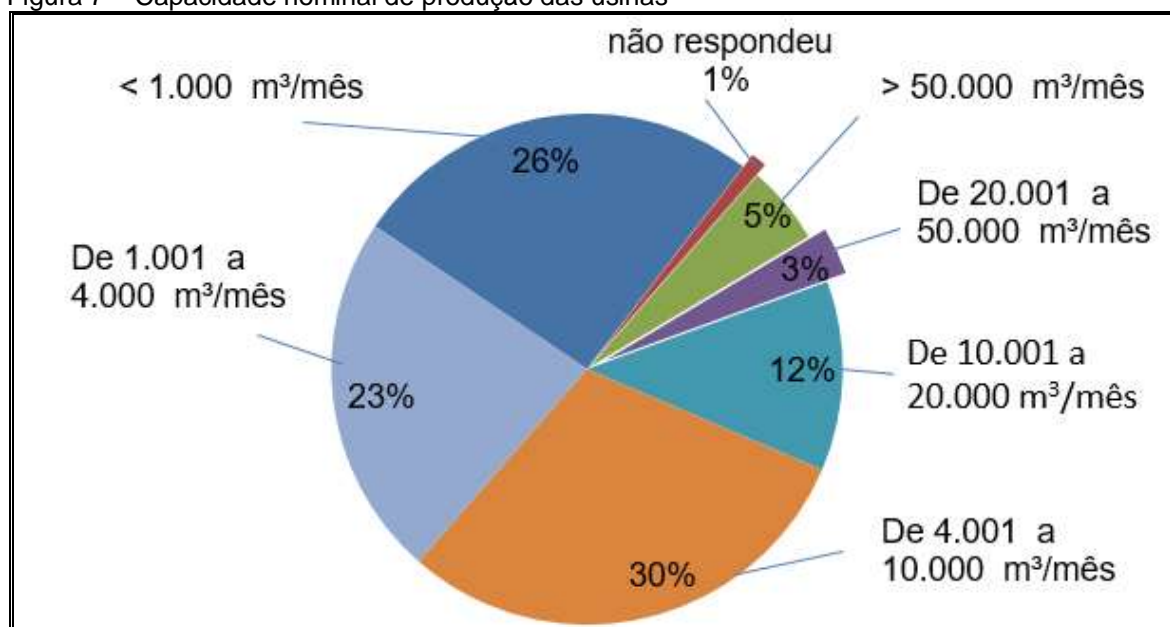
usinas que surgiram localizam-se nesta região. A Região Sul aparece em seguida com 19% (ABRECON, 2018).

Nesta última pesquisa, identificou-se, também, que cerca de 90% das usinas pertenciam à iniciativa privada, apenas 4% à administração pública e 5% à público-privada (ABRECON, 2018). Comparando com a pesquisa anterior, houve um crescimento de usinas privadas sobre as públicas.

Com a aprovação da Resolução CONAMA nº 307/2002, a forma de administração das usinas começou a ser modificada. Inicialmente, a maioria das usinas era pública. Em 2008, cerca da metade das usinas existentes já pertencia à iniciativa privada. Daquele tempo para os dias atuais, esta tendência de mudança continuou. Mesmo as usinas sendo atrativas aos municípios frente à economia gerada em limpeza urbana e obtenção de agregado reciclado com preço reduzido, ainda são de difícil permanência em atividade. Este fato é consequência das dificuldades encontradas no gerenciamento e burocracia envolvidas nas verbas públicas, dificuldade de encontrar pessoal técnico preparado para operar a usina, demora na reposição de peças defeituosas ou desgastadas e possível perda de interesse da administração pública, principalmente pela alternância constante de gestão (MIRANDA et al., 2009).

Na Figura 7 observa-se que a maior percentagem das usinas brasileiras possui uma capacidade de produção entre 4.000 e 10.000 m³/mês, evidenciando a instalação de britadores com capacidade nominal de produção entre 25 e 50 m³/h (ABRECON, 2018).

Figura 7 – Capacidade nominal de produção das usinas



Fonte: Adaptado de ABRECON, 2018

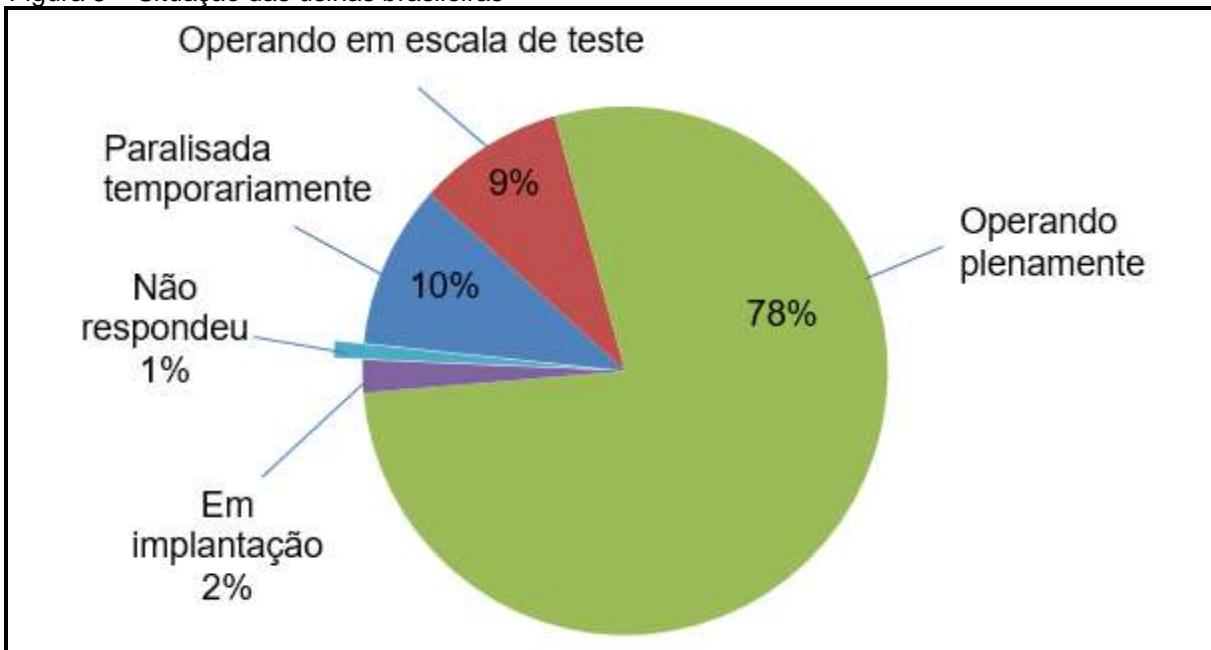
A capacidade máxima de produção de agregados reciclados nas usinas tem variado em relação às últimas pesquisas setoriais realizadas pela ABRECON. No período de 2014 a 2015, foi observado que as usinas vinham trabalhando, em média, com apenas 45% da sua capacidade máxima, em decorrência pela falta de matéria prima e/ou baixo mercado para o agregado reciclado. Em sua última edição, no período de 2017 a 2018, observou-se uma redução de 10%, passando a apresentar uma capacidade máxima de produção de 35%. As causas podem estar relacionadas a possíveis reduções de geração de RCD e de demanda por agregado reciclado, devido à crise no setor da construção civil (ABRECON, 2018).

Miranda et al., (2009) afirmam que mesmo pequenas usinas são viáveis, desde que estejam bem posicionadas logisticamente e que sejam focadas em mercados e/ou serviços que incorporem valor ao produto.

A situação das usinas brasileiras (Figura 8) em relação à última pesquisa da ABRECON é de que 78% das usinas que responderam ao questionário estavam operando plenamente, 9% operando em escala de teste, 10% encontravam-se paralisadas temporariamente por problemas operacionais e o restante em processo de implantação. Comparando-se com as pesquisas anteriores, observa-se um

crescimento do percentual de usinas que estão operando plenamente, como também daquelas que estão paralisadas temporariamente (ABRECON, 2018).

Figura 8 – Situação das usinas brasileiras



Fonte: ABRECON, 2018

A seguir são apresentadas informações sobre unidades de beneficiamento de RCD em operação, em dois municípios brasileiros considerados referência na gestão de RCD.

1.6.1 Unidades em Operação na Cidade de Belo Horizonte - MG

A Cidade de Belo Horizonte iniciou, em 1995, o programa de reciclagem de entulho, que incluiu a instalação de três usinas de beneficiamento de RCD. Atualmente, a Prefeitura possui duas usinas em operação, denominadas de Estações de Reciclagem de Entulho (ERE's). Elas são a ERE Pampulha, inaugurada em 1996 e a ERE BR-040 (Figura 9) em 2006. São responsáveis pela transformação de RCD em agregados reciclados para utilização em obras e serviços da própria Prefeitura.

As ERE's são fixas e os equipamentos mais usados normalmente no processo de reciclagem de entulho são: alimentador vibratório, britador, transportadores de correia, eletroímã para separação de partículas metálicas, quadro de comando e proteção elétrica, sistema de contenção de material particulado, estrutura metálica de sustentação e peneira vibratória. Podem existir, ainda, outros equipamentos e que variam conforme o porte da usina.

Essas usinas integram o Programa de Reciclagem de Entulho da Construção Civil da capital, que é coordenado pela Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). Neste programa, ainda estão incluídas ações complementares, tais como a utilização das Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's), instaladas nas nove regionais da cidade, além de atividades de mobilização social, fiscalização e do Projeto Carroceiros. Pequenos geradores podem encaminhar os resíduos de construção às ERE's, obedecendo ao limite máximo diário, por gerador, de quatro a cinco viagens, o equivalente a cerca de 20 m³ a 25 m³, conforme a unidade de destinação. O serviço é gratuito (BELO HORIZONTE, 2018 a, b).

Figura 8 – ERE BR-040



Fonte: Belo Horizonte, 2018

Em 2016, as duas usinas receberam 24,5 mil toneladas de RCD e produziram 15 mil toneladas de agregados reciclados, correspondendo a cerca de 60% de

produção de agregados reciclados. A ERE Pampulha produz bica corrida e a ERE BR-040 bica corrida, brita 0, brita 1, areia reciclada e rachão (BELO HORIZONTE, 2018 a, b).

Conforme informações do chefe da Divisão de Reciclagem - DVREC da SLU, Fernando Muzzi (informações escritas)¹, as capacidades de recebimento e de britagem das ERE's (Tabela 4) são:

Tabela 4 – Capacidades das ERE's

USINAS	Capacidade recebimento	Capacidade de britagem
	(m ³ /dia)	(t/hora)
ERE Pampulha	100	30
ERE BR-040	200	50

Fonte: SLU, 2018.

Os produtos das ERE's são cedidos sem custo para as empresas da própria Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), como a SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital) e a URBEL (Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte), enquanto o excedente é comercializado para pessoas físicas ou jurídicas, em geral empresas que prestam serviço para a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). E os valores de venda dos materiais são:

- Material britado comum (bica corrida e rachão): R\$ 33,75/m³.
- Material britado peneirado (areia, brita 0 e brita 1): R\$ 73,39/m³.

Estes valores são, em média, 17% menores que os valores de venda do material virgem (MUZZI, 2018).

Segundo Muzzi (2018), a redução do número de ERE's não decorreu de iniciativa da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), mas sim de um "conflito" com a população, que culminou com a desativação da terceira ERE, a de Estoril. A SLU chegou a avaliar a possibilidade de implantação de uma nova e mais ampla Unidade em substituição à mesma, a qual ainda não foi possível, por uma série de fatores como: disponibilidade de área e características do terreno (localização, inclinação, etc.), dentre outras. As duas ERE' atuais, infelizmente, não conseguem absorver todo o RCD gerado no município de Belo Horizonte. Com o cenário desfavorável

¹ Informações prestadas pelo chefe da DVREC/SLU, em 05/09/2018, através do e-mail: fernando.muzzi@phb.gov.br

devido à crise dos últimos anos, está havendo dificuldades no gerenciamento delas. Entretanto, com os novos investimentos que tem recebido, vislumbram-se melhorias na gestão do sistema.

De acordo com as informações do chefe do Departamento de Tratamento e Disposição de Resíduos DPTDR da SLU, Sr. Pedro Gasparini Barbosa Heller (informações escritas)², a licença ambiental da ERE BR-040 está em processo de renovação na Secretaria de Meio Ambiente e contempla como atividade única a reciclagem de resíduos de construção civil.

Segundo Belo Horizonte (2018), o material recebido nas usinas de beneficiamento é inspecionado na portaria para verificação de sua composição e o grau de contaminação. Após sua aceitação, é classificado em:

- Classe A - resíduos de peças fabricadas com concreto (lajes, pilares, blocos, pavimentação), argamassas, fibrocimento, pedras ornamentais, sem a presença de impurezas.
- Classe B - resíduos predominantemente cerâmicos (tijolos, telhas, azulejos etc.).

Em seguida, os materiais recicláveis são separados manualmente dos rejeitos. Na operação de britagem o RCD é levado pela pá-carregadeira até o alimentador vibratório do britador de impacto e, por gravidade, para a calha simples e ao transportador de correia. Após a britagem, há eliminação de pequenas partículas metálicas ferruginosas pela ação de um eletroímã sobre o agregado reciclado conduzido pelo transportador de correia. O agregado reciclado é acumulado e estocado em pilhas.

O agregado reciclado proveniente do RCD Classe A destina-se à preparação de argamassa e concreto não estruturais, utilizados na fabricação de bloquetes para calçamento, blocos de vedação, guias para meio-fio, entre outros. Enquanto o proveniente do RCD classe B destina-se à base e à sub-base de pavimentação de vias, drenos, camadas drenantes e material de enchimento de rip-rap. A parcela rejeitada pela inspeção é destinada ao aterro sanitário. Cerca de 90% de todo o material recolhido são utilizados em obras públicas e 10% são vendidos para empresas privadas (BELO HORIZONTE, 2018).

² Informações prestadas pelo chefe do DPTDR/SLU, em 18/09/2018, através do e-mail: pedrogbheller@pbh.gov.br

1.6.2 Unidades em Operação na Cidade de Jundiaí – SP

A empresa SBR Soluções em Beneficiamento de Resíduos Ltda., como permissionária, opera a usina de processamento de RCD na área da Divisão de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (GERESOL) (Figura 10). Este setor é subordinado à Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SMSP), que é a responsável pela limpeza urbana do município. A referida usina de beneficiamento produz brita 1, brita 2, brita 3, bica corrida, pedrisco, areia e rachão, cuja utilização é bastante ampla na construção civil, sem função estrutural. A geração diária de RCD no município é de cerca de 400 toneladas. Grande parte do material beneficiado é utilizada pela Prefeitura Municipal de Jundiaí na manutenção de estradas vicinais e como sub-base de pavimentos e construção de calçadas, guias, sarjetas e materiais pré-moldados em geral. E o restante em obras de drenagem urbana (base e sub-base de elementos de drenagem urbana) (JUNDIAÍ, 2017).

A imprensa oficial do Município de Jundiaí na sua edição 4364 de 31/01/2018 publicou a homologação do novo contrato com a empresa SBR Soluções em Beneficiamento de Resíduos LTDA, pelo prazo de 12 meses para implantação e operação de usina de beneficiamento de resíduos da construção civil, triagem e britagem, compreendendo eco pontos, reciclagem de resíduos da construção civil, coleta de RCD (descarte irregular), operação e destinação de resíduos de madeiras, conforme processo administrativo nº 31.408/2017 (JUNDIAÍ (b), 2018).

Figura 9 – Usina de beneficiamento de Jundiaí



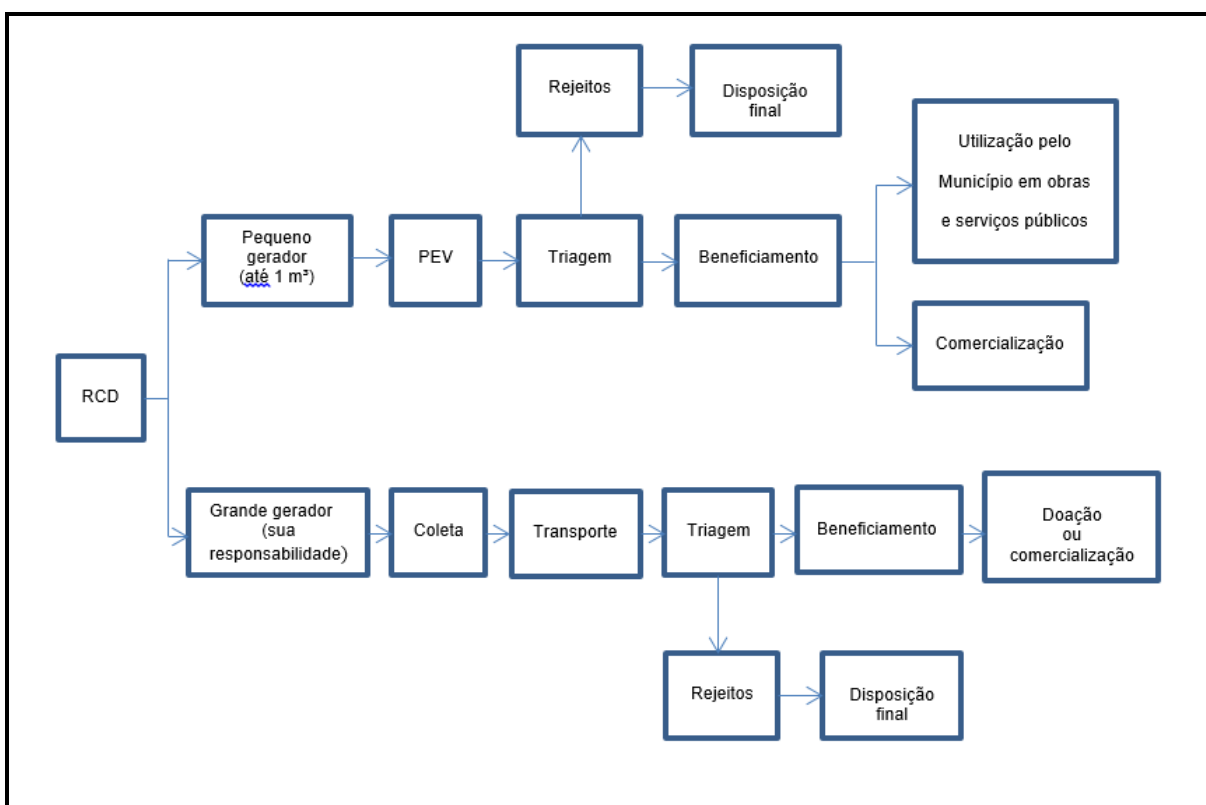
Fonte: Jundiaí (a), 2018

Para Leite e Batalha (2015), os resultados mostraram que em 2013 a GERESOL recebeu, aproximadamente, 147 mil toneladas de RCD e produziu 54,4 mil toneladas de agregados reciclados (Praticamente 40% transformados em agregados reciclados).

A SMSP através da GERESOL instituiu em 2013 o programa “Controle de Transporte de Resíduos - CTR”, que tem como função monitorar o processo de descarte e beneficiamento de RCD. Através de um sistema online de controle “Jundiaí Coletas On Line”, as caçambas contratadas para armazenamento, transporte e destinação de RCD podem ser georreferenciadas, permitindo que o administrador e seus usuários gerenciem-nas desde a geração até a destinação final dos RCD. As caçambas, os transportadores e os clientes são cadastrados no sistema e fazem parte de um banco de dados da SMSP. Somente quando os RCD são recebidos nos locais aprovados para o seu descarte é que são emitidos os comprovantes de destinação final (LEITE e BATALHA, 2015).

Um fluxograma de gestão de RCD (Figura 11) apresentado no PMGIRS JUNDIAÍ de 2015 e mantido na versão preliminar de 2017 pode ser considerado muito próximo de uma gestão sustentável ideal.

Figura 10 – Fluxograma de Gestão de RCD



Fonte: JUNDIAÍ, 2015 e 2017

No PMGIRS de 2015 foi levantada a necessidade de se implantar um sistema com maior fiscalização sobre o descarte de RCD irregular, a criação de ecopontos e de uma maior responsabilização dos grandes geradores pelo gerenciamento de seus resíduos (JUNDIAÍ, 2015).

A versão preliminar do PMGIRS de 2017 já informa que o município conta com 3 (três) ecopontos localizados nos bairros Morada das Vinhas e Jardim do Lago e no próprio GERESOL. Nestes locais, o munícipe pode entregar um metro cúbico por semana de resíduos recicláveis da construção civil, sem custo. Os volumes superiores a um metro cúbico são encaminhados pelo gerador ou transportador devidamente cadastrado ao GERESOL. O PMGIRS prevê que sejam implantados mais ecopontos localizados em locais estratégicos para atender à população de Jundiaí de acordo com as metas estabelecidas (JUNDIAÍ, 2017).

1.7 Agregado Reciclado

Por definição, conforme a Resolução CONAMA nº 307/2002, agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

A ABRECON (2018) destaca que o agregado reciclado, independente do uso que a ele for dado, representa vantagens econômicas, sociais e ambientais, tais como:

- Economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais pelo agregado reciclado de RCD;
- Diminuição da poluição gerada pelo RCD e de suas consequências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos, devido à disposição inadequada;
- Preservação das reservas naturais de matéria-prima.

Lima (2009) relaciona, conforme apresentado na Tabela 5, os diversos tipos de resíduos possivelmente gerados nas fases das obras e as suas formas de reaproveitamento/reutilização.

Tabela 5 – RCD gerado por etapa de obra e a sua reutilização

Fases da obra	Tipos de resíduos possivelmente gerados	Possível reutilização no canteiro	Possível reutilização fora do canteiro
Limpeza do terreno	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas, vegetação, galhos	---	---
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areia e brita)	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	Madeiras	Formas, escoras, travamentos	Lenha
Fundações	Solos	Reaterros	Aterros
	Rochas	Jardinagem, muros de arrimo	---

	Concreto (areia e brita)	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
Superestrutura	Madeira	Cercas, portões	Lenha
	Sucata de ferro, fôrmas plásticas	Reforço para contrapisos	Reciclagem
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassas	Base de piso, enchimentos, argamassas	Fabricação de agregados
	Papel, plástico	---	Reciclagem
Instalações hidrossanitárias	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	PVC, PPR	---	Reciclagem
Instalações elétricas	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	Conduites, mangueiras, fio de cobre	---	Reciclagem
Reboco interno/externo	Argamassa	Argamassa	Fabricação de agregados
Revestimentos	Pisos, azulejos cerâmicas	---	Fabricação de agregados
	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico	---	Reciclagem
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado	Readequação em áreas comuns	---
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, textura	---	Reciclagem
Coberturas	Madeiras	---	Lenha
	Cacos de telhas de fibrocimento	---	---

Fonte: Lima, 2009

Destaque para algumas fases da obra (montagem do canteiro, superestrutura, alvenaria, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas, reboco interno/externo e revestimentos) que são capazes de gerar resíduos com potencial de serem

transformados em agregados reciclados e retornarem à cadeia produtiva da construção civil.

A ABRECON (2018a) apresenta, conforme a Tabela 6, algumas possibilidades de reaproveitamento/reutilização/reciclagem do RCD como agregado reciclado ou produto, destacando as características de cada um deles.

Tabela 6 – Produtos (agregados reciclados) oriundos da reciclagem de RCD

Produto	Características	Uso recomendado
Areia Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica Corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: Adaptado da ABRECON, 2018a.

As figuras 12, 13, 14 e 15 apresentam aspectos físicos de agregados reciclados produzidos em uma usina de beneficiamento localizada em São Paulo.

Figura 11 – Agregado reciclado: Areia



Fonte: Autor, 2018

Figura 13 – Agregado reciclado: Pedrisco



Fonte: Autor, 2018

Figura 14 – Agregado reciclado: Brita 1



Fonte: Autor, 2018

Figura 15 – Agregado reciclado: Rachão



Fonte: Autor, 2018

Existem inúmeros estudos e pesquisas (ARAUJO et al., 2016; BARROS e FUCALE, 2016; MESQUITA et al., 2015; SILVA et al., 2015; LINTZ et al., 2012; SIMIELI et al., 2007) que demonstram a possibilidade da utilização de agregados reciclados na substituição de agregados naturais em obras e serviços da construção civil.

Os resultados mostraram ser possível a substituição de até 100% do agregado natural pelo agregado reciclado sem prejuízo da resistência mecânica do concreto e com redução de apenas 12% no módulo de elasticidade, o que indica a possibilidade do mesmo ser utilizado na produção de concretos com fins estruturais (ARAUJO et al., 2016).

Os agregados miúdos reciclados provenientes de RCD, apesar de serem mais heterogêneos que o agregado miúdo natural e terem apresentado maior absorção, se mostraram viáveis na confecção de concretos sem função estrutural (BARROS e FUCALE, 2016).

A utilização de agregados reciclados de RCD é uma alternativa viável para substituir a brita convencional na produção de blocos vazados de vedação, contribuindo para minimizar o passivo ambiental, dando um destino adequado para os RCD e, principalmente, reduzindo a extração de agregados naturais (MESQUITA et al. 2015).

O processamento que combina o uso de jigue e britagem para obtenção de agregados reciclados menos porosos permite o uso integral desses em concretos secos, passíveis de serem utilizados em blocos com função estrutural. As resistências à compressão obtidas foram comparáveis às dos concretos produzidos com agregados naturais (SILVA et al., 2015).

A pesquisa aponta o grande potencial do aproveitamento desse material em substituição aos agregados naturais utilizados na fabricação de materiais à base de concreto como os blocos (LINTZ et al., 2012).

O aproveitamento dos agregados reciclados de concreto na confecção de peças para pavimento intertravado é uma boa alternativa para a utilização dos resíduos gerados na demolição das calçadas, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais (SIMIELI et al., 2007).

1.7.1 Qualidade do Produto

Para Malta (2012), há viabilidade em se reutilizar os agregados reciclados, porém a alta variabilidade dos mesmos requer estudos específicos e constantes. Sabe-se que os agregados reciclados apresentam características específicas, como alta porosidade e absorção, menor massa específica, forma irregular e textura áspera e que todas elas influenciam nos parâmetros de dosagem.

Segundo Araújo e Carnaúba (2010), o estudo das características físico-químicas e das propriedades dos resíduos, através de ensaios e métodos

apropriados é fundamental para a definição das possíveis utilizações do RCD. Alguns parâmetros podem ser importantes na sua caracterização, tais como: a massa aparente, a composição gravimétrica, a absorção de água, a distribuição do material nos intervalos de densidade, as fases minerais presentes, a composição química e a composição física.

Para a ABRECON (2018), o agregado reciclado produzido nas usinas de reciclagem tem características muito variáveis e estão fortemente associadas ao seu modo de produção e à qualidade do RCD original, já que os resíduos de construção e demolição são materiais heterogêneos de grande diversidade e suas características mudam de acordo com o tipo de obra de origem. Também não é possível afirmar que a mesma usina de reciclagem produza agregados reciclados com características constantes ao longo do tempo, mesmo que mantivessem constantes todas as variáveis mencionadas acima.

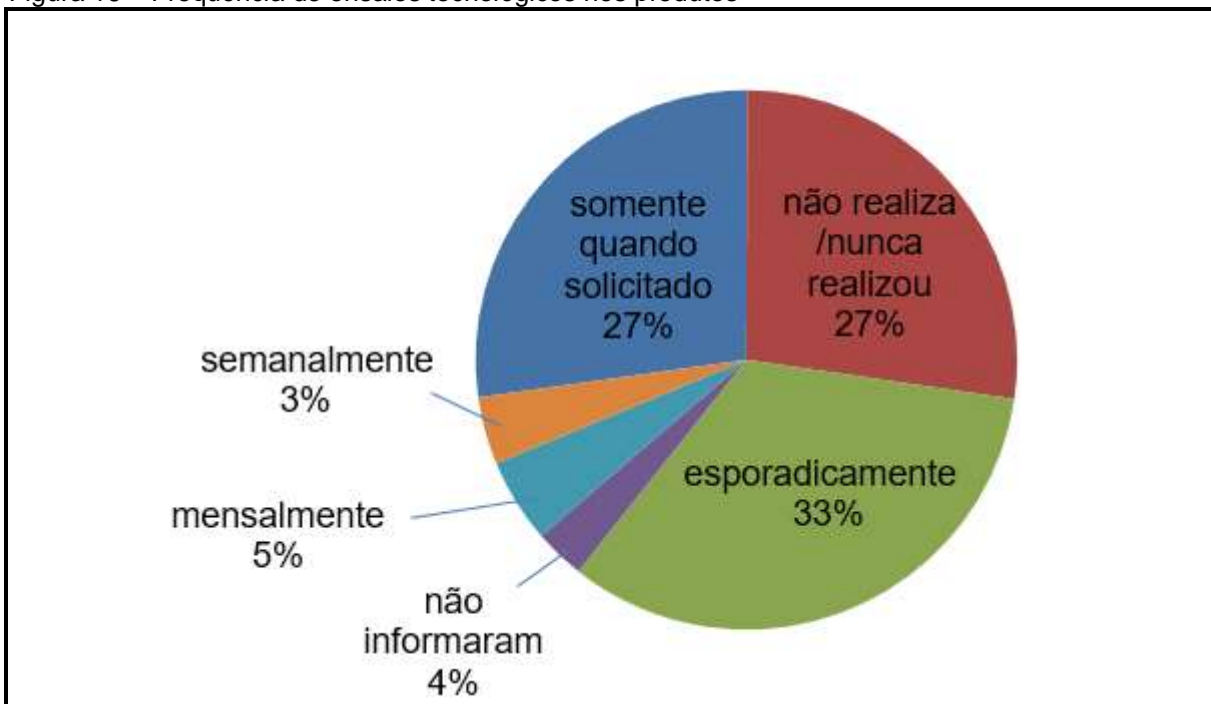
Para Brasileiro e Matos (2015), a implantação de controle de qualidade sobre o agregado reciclado é uma forma de assegurar o seu desempenho e a sua qualidade, minimizando a sua variabilidade.

Segundo a ABRECON (2018), para garantir que os agregados produzidos satisfaçam as especificações técnicas e recomendações aplicáveis, seria necessário que a usina de reciclagem mantivesse um programa de inspeção e teste do agregado reciclado. Este programa deveria realizar testes de caráter inicial e inspeções periódicas de controle do produto, sempre que fossem identificadas mudanças significativas na natureza do material da mesma fonte ou nas condições de armazenamento ou tratamento, que poderia afetar as propriedades do agregado.

Para utilização de agregado reciclado em pavimentação e no preparo de concreto sem função estrutural devem-se atender as especificações técnicas da NBR 15116/2004.

Para Miranda et al. (2016) e segundo a última pesquisa setorial da ABRECON (Figura 16), a realização de ensaios de controle tecnológico de seus produtos ainda não faz parte do cotidiano da maioria das usinas.

Figura 16 – Frequência de ensaios tecnológicos nos produtos



Fonte: ABRECON, 2018

A falta de controle de qualidade nas usinas brasileiras indica a necessidade de se buscar sistemas mais simples, para disseminação e consolidação dessa prática (ABRECON, 2018).

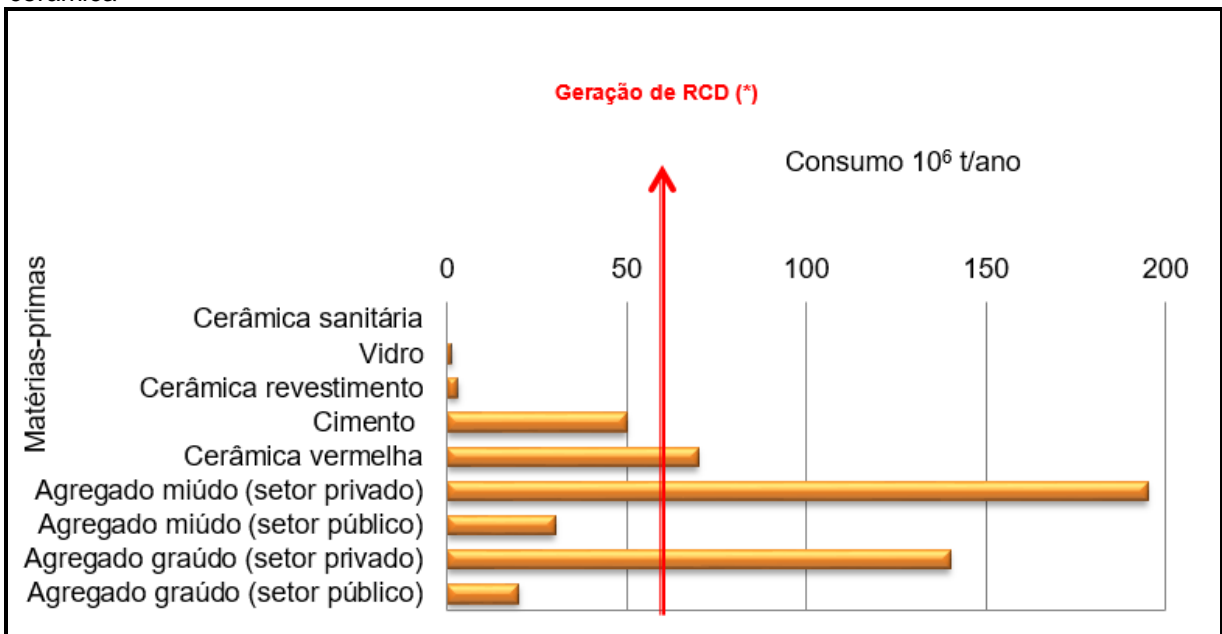
Os principais motivos que levam as usinas a realizarem os ensaios tecnológicos são a preocupação com a qualidade e a exigência do consumidor, seguido do interesse de divulgar as propriedades dos agregados produzidos (MIRANDA et al., 2016).

1.7.2 Informações Mercadológicas

Segundo John et al. (2006), a massa total de agregados consumida anualmente no País é estimada em aproximadamente 380 milhões de toneladas. O setor público é o grande consumidor de agregados para pavimentação e fabricação de peças pré-moldadas de concreto, com um consumo de cerca de 50 milhões de toneladas por ano. O restante, cerca de 330 milhões de toneladas de agregados, é consumido pelo setor privado, sendo majoritariamente empregado em concretos e

argamassas. A geração de RCD Classe A é estimada em 61,6 milhões de toneladas por ano, conforme mostrado na Figura 18 com a seta em vermelho. Se toda esta quantidade fosse transformada em agregados reciclados e destinada ao mercado, apenas 20% dos agregados naturais seriam substituídos por reciclados. Esta mesma Figura 17 mostra, também, o consumo brasileiro para agregados naturais, dividido por setor.

Figura 17 – Consumo brasileiro de agregado por setor e matéria prima para indústria, cimento e cerâmica

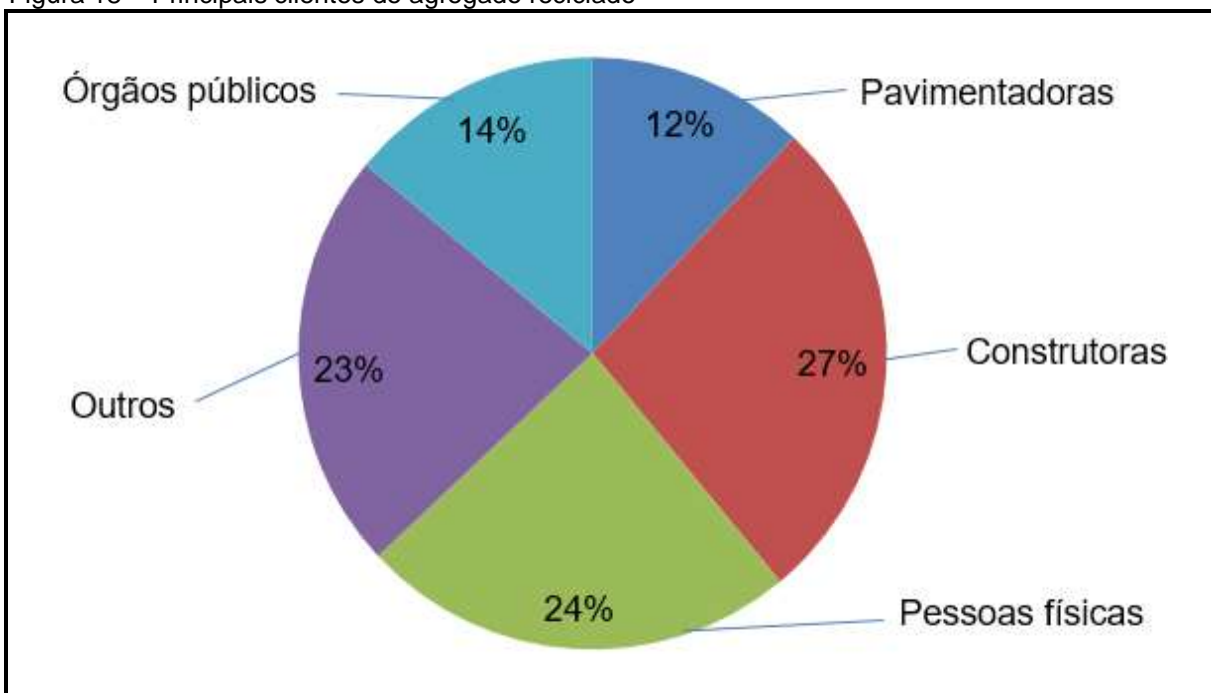


Fonte: John et al, 2006

OBS.: (*) A seta vertical indica a estimativa de geração de RCD no Brasil.

Conforme as últimas pesquisas realizadas da ABRECON (Figura 18), as construtoras continuam sendo os principais clientes de agregados reciclados, 27% (pesquisa de 2017/2018) e 28% (pesquisa 2014/2015).

Figura 18 – Principais clientes de agregado reciclado



Fonte: ABRECON, 2018

A ABRECON na pesquisa setorial (2014/2015) apresentou uma relação de preços de venda de agregados reciclados praticados em alguns estados brasileiros (Tabela 7).

Os preços variam bastante de região para região. Observa-se que o maior valor médio praticado é no Estado de Goiás, enquanto que o menor é no Distrito Federal.

Diversos podem ser os motivos para provocarem essa variação, desde a elevada carga tributária até os custos associados à qualidade do produto.

Cabe destacar que os valores de venda para agregado reciclado gerado nas usinas de beneficiamento da cidade de Belo Horizonte/MG, conforme informados no item 1.6.1 pelo seu representante, foram bem superiores aos apresentados nesta Tabela (ABRECON, 2015).

Tabela 7 – Preço de venda de agregado reciclado por estados brasileiros e Distrito Federal

Estados e Distrito Federal	Preços de venda (R\$/m ³)		
	Preço máximo	Preço médio	Preço mínimo
DF	5,00	2,50	0,00
ES	10,00	7,50	5,00
RJ	10,00	7,50	5,00
PB	20,00	9,20	0,00
MT	15,00	12,50	10,00
RN	20,00	15,00	10,00
SP	35,00	17,30	0,00
BA	20,00	17,50	15,00
PR	35,00	18,80	5,00
CE	35,00	21,30	5,00
RS	35,00	21,50	5,00
SC	35,00	23,80	10,00
PE	30,00	27,50	25,00
MG (BH)*	30,00 (73,39)*	27,50 (53,57)*	25,00 (33,75)*
GO	40,00	35,00	30,00

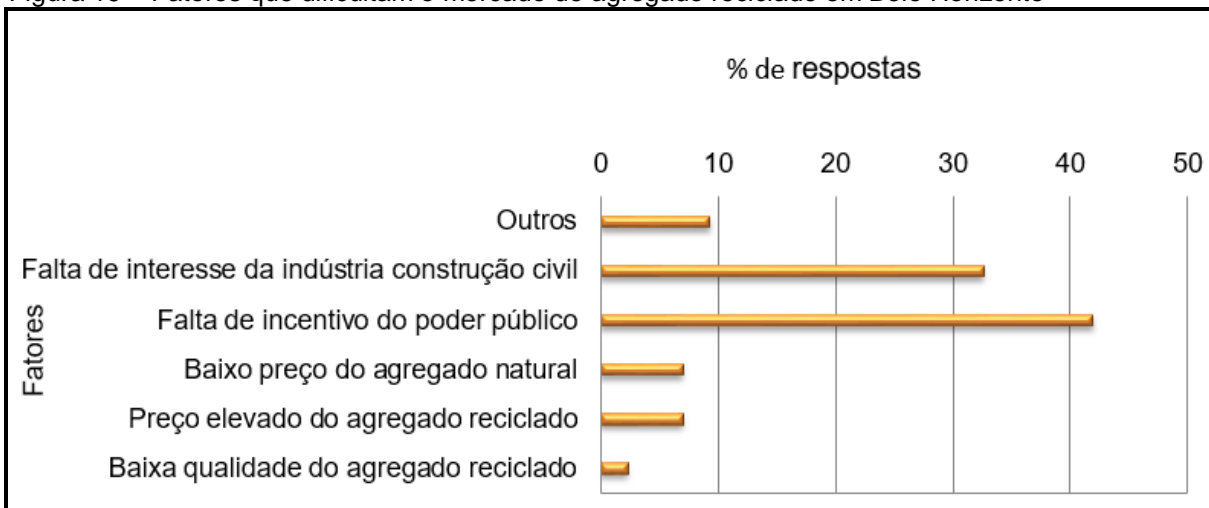
Fontes: ABRECON, 2018(b); Muzzi, 2018(*)

Porém, na última pesquisa setorial (2017/2018) não foi apresentada nenhuma tabela, como na pesquisa anterior e demonstrado na Tabela 7. Desta vez, informaram, somente, as faixas de valores praticadas para os agregados reciclados miúdo e graúdo, sem identificarem a região. Além disso, comentaram que o preço de venda do agregado reciclado miúdo, em 26% das usinas analisadas, variava de R\$15,00 a R\$35,00/m³ e do graúdo, em 32% das usinas analisadas, era maior que R\$15,00/m³ (ABRECON, 2018). De qualquer modo, os preços mantiveram a mesma ordem de grandeza em relação às últimas pesquisas.

Resende (2016) avaliou o mercado de agregado reciclado na cidade de Belo Horizonte. Identificou que as ações do poder público são o principal fator limitante para a utilização do agregado reciclado no mercado consumidor. Embora a prefeitura tenha iniciativas à sua utilização em obras públicas, elas demonstram ser

ineficientes ou inexistentes. Além destas, são apresentadas na Figura 19 outros possíveis motivos para a pequena demanda do agregado reciclado no mercado consumidor de Belo Horizonte.

Figura 19 – Fatores que dificultam o mercado de agregado reciclado em Belo Horizonte



Fonte: Resende, 2016

OBS.: "outros" representam a falta de área para instalação de plantas de reciclagem e a quantidade de RCD gerada, insuficientes para se estabelecer nesse mercado.

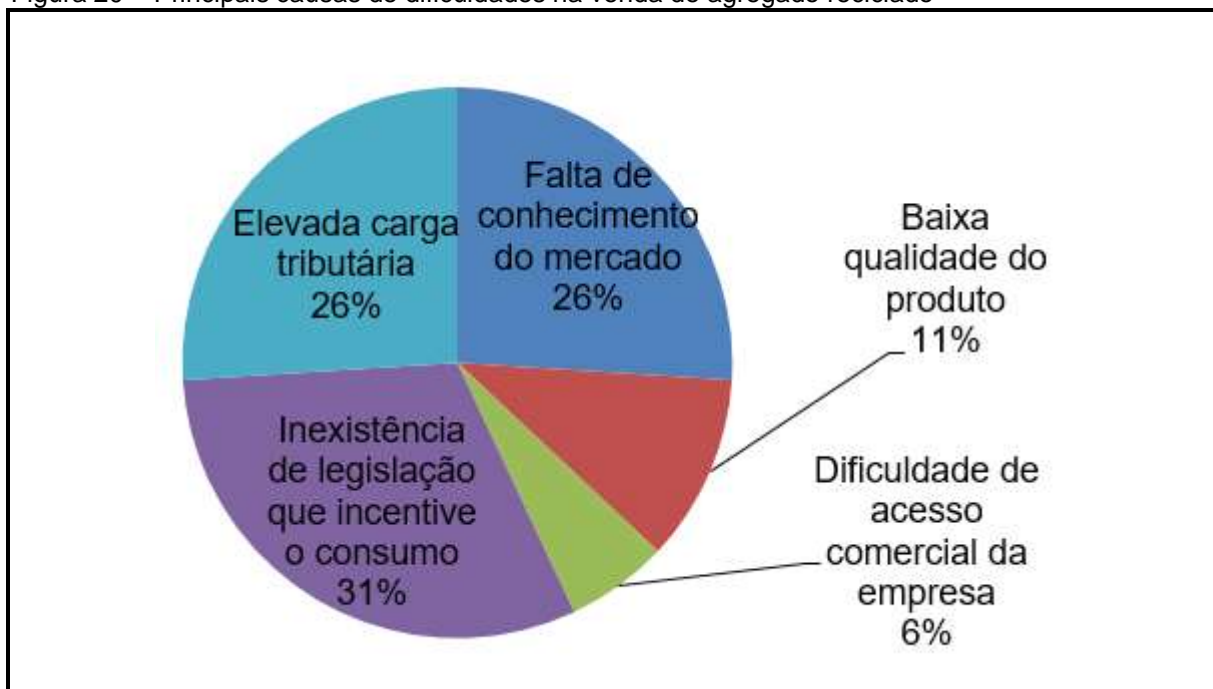
John et al., 2006 também comentaram que apesar da ABNT regulamentar, através de suas normas técnicas, o uso de agregados reciclados em concretos, existem diversas especificidades que tornam difícil essa utilização, tais como:

- Pouca eficiência na triagem da fração mineral do RCD;
- Variabilidade intrínseca dos agregados de RCD reciclados;
- Insuficiência dos métodos de controle de qualidade desses agregados
- Deficiência de controle de processamento.

Com o objetivo não somente de fomentar o mercado de agregado reciclado, mas também introduzir uma ferramenta que auxilie a disseminar a cultura de utilização do agregado reciclado aos profissionais da indústria da construção civil e a sociedade como um todo, foi lançado pela ABRECON, durante o Seminário Nacional da Reciclagem de Resíduos da Construção Civil, o Manual de Aplicação do Agregado Reciclado (MARE), conforme apresentado no item 3.2 (ABRECON, 2018c).

Conforme a pesquisa setorial (2014/2015) da ABRECON, as principais dificuldades encontradas para a venda de agregado reciclado estavam relacionadas à inexistência de legislação que incentivasse o consumo (31%), à elevada carga tributária (26%) e à falta de conhecimento do mercado (26%) (Figura 20).

Figura 20 – Principais causas de dificuldades na venda de agregado reciclado



Fontes: Miranda et al., 2016 e ABRECON, 2015

Na última pesquisa da ABRECON (2017/2018), as principais dificuldades para a venda do agregado reciclado foram atribuídas aos seguintes fatores:

- maior falta de fiscalização do destino do RCD;
- inexistência de legislação de incentivo ao consumo;
- falta de controle no rastreamento do gerador e do transportador (caçambeiros) do resíduo.

METODOLOGIA

Inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre resíduos da construção e demolição (RCD), agregados reciclados gerados pela transformação de RCD em usinas de beneficiamento no País e, especificamente, no Município do Rio de Janeiro, através, de livros, teses de graduação, mestrado e doutorado, artigos publicados em congressos, em seminário, sindicatos da construção civil e sites da Internet, enfocando as problemáticas relativas à construção civil, à gestão de RCD e de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro.

Para obtenção de maiores informações foram realizadas diversas reuniões, pessoalmente, via telefonemas, via correios eletrônicos com técnicos de vários órgãos e setores:

- SECONSERMA (Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente): foi realizada reunião com o gestor de resíduos sólidos a fim de levantar informações relativas às empresas licenciadas para beneficiamento de RCD e à legislação pertinente ao uso de agregado em obras e serviços da Prefeitura;
- COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro): foram realizadas diversas reuniões com o Coordenador de Projetos da empresa para obtenção de informações relativas à gestão de RCD no município e da usina de beneficiamento de RCD localizada no Ecoparque do Caju. Também foi obtida autorização para visitas no Ecoparque do Caju.
- SINDUSCON – RJ (Sindicato da Construção – RJ): foram realizadas algumas reuniões com o consultor do referido sindicato a fim de levantar a legislação relativa à gestão de RCD.
- SLU (Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte): foram realizados diversos contatos via telefone e via correio eletrônico com os chefes da Divisão de Reciclagem e do Departamento de Tratamento e Disposição de Resíduos da empresa para obtenção de informações relativas às unidades de beneficiamento do Município;

- Município de Jundiaí: realizado encontro com o Ex-Secretário Municipal para obtenção de informações atualizadas sobre a gestão de RCD no Município.
- ABRECON (Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição): realizada participação em seminário para obtenção de informações relativas à última pesquisa setorial sobre RCD e agregado reciclado no País.

Foram realizadas visitas técnicas em duas usinas de beneficiamento de RCD: Serello Ambiental localizada no Município de Valinhos/SP e Natura Ambiental no Município do Rio de Janeiro/RJ. Nestas ocasiões foram realizadas discussões com os gestores das referidas unidades para obtenção de informações sobre o dia a dia da operação e de fotografias de alguns equipamentos de britagem e dos diversos tipos de agregados reciclados produzidos.

Com relação específica ao item 3.6 (Mercado de agregado reciclado), foi possível verificar que a pesquisa bibliográfica apesar de ser uma técnica fundamental de pesquisa, apresentava-se insuficiente, por não disponibilizar os dados referentes ao mercado de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro. Assim sendo, a técnica de pesquisa empregada para atingir este objetivo, foi a realização através de entrevistas não estruturadas, isto é, com liberdade para que o entrevistador desenvolva cada situação na direção que considerar apropriada. Esta técnica foi selecionada pela vantagem que apresenta ao permitir a obtenção de dados que não são localizados nas fontes documentais (MARCONI E LAKATOS, 2003). Neste caso, além das reuniões realizadas na COMLURB, conforme citadas anteriormente, foi realizada também nesta empresa entrevista com membros da Diretoria Técnica.

Outra metodologia também utilizada para avaliação deste mercado foi realizada através da Matriz Ansoff, empregada no planejamento estratégico quando se deseja avaliar a relação mercado x produto.

3 ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

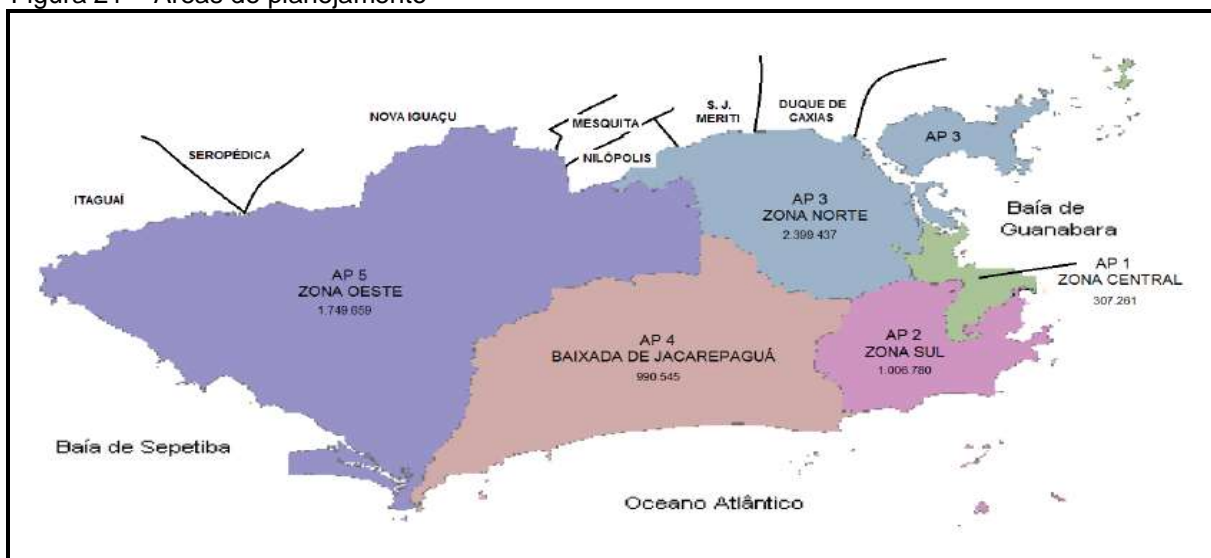
A Cidade do Rio de Janeiro ocupa uma área aproximada de 1.200 km² e é confrontante com os municípios de Nova Iguaçu, Itaguaí, Nilópolis, São João de Meriti, Mesquita e Duque de Caxias e banhada a leste pela Baía de Guanabara, a oeste pela Baía de Sepetiba e ao sul pelo Oceano Atlântico.

A cidade, composta basicamente por morros e mangues, sofreu, durante o processo de expansão e urbanização, inúmeras alterações em sua geografia, como aterros sobre lagoas e terras baixas (inclusive dando origem ao bairro de Ipanema), sobre o mar, a construção de túneis e o desmonte de morros (LUCERO, 2008).

Para efeito de melhor administrar a cidade, a Prefeitura decidiu dividi-la em cinco Áreas de Planejamento (AP), assim definidas e que podem ser visualizadas na Figura 21:

- AP 1 – área central histórica e de negócios, com população de classe média baixa (Centro e Zona Portuária);
- AP 2 – área litorânea próxima ao centro, com população de classe alta e classe média alta (Zona Sul);
- AP 3 – área de periferia imediata, com população de classes média e baixa (Zona Norte);
- AP 4 – área de expansão da zona nobre, com população de classes alta e média alta (Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Jacarepaguá e parte da Zona Oeste);
- AP 5 – periferia distante, com população de classe baixa (Campo Grande, Santa Cruz, entre outros) (LUCERO, 2008).

Figura 21 – Áreas de planejamento



Fonte: PMGIRS/RJ - 2016

3.1 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS RJ

A exigência de elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos surgiu com a edição da Lei Municipal nº 4.969, de 03.12.2008, que instituiu objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no âmbito do Município do Rio de Janeiro, estabelecendo em seu art. 6º que cabe ao Município elaborar o seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

O Decreto Municipal nº 31.416, de 30.11.2009, fez como exigência adicional a necessidade de se considerar, quando da elaboração do mencionado Plano, os objetivos de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Cidade do Rio de Janeiro.

A regulamentação da PNRS reforçou a exigência de elaboração pelos municípios dos seus respectivos Planos, inclusive como condição para terem acesso a recursos federais, através de incentivos e financiamentos (RIO DE JANEIRO, 2016).

O Município do Rio de Janeiro dispõe de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), revisado de acordo com a PNRS, estando a última

edição em vigor para o período de 2017 a 2020, publicada no Decreto Municipal nº 42.605/2016.

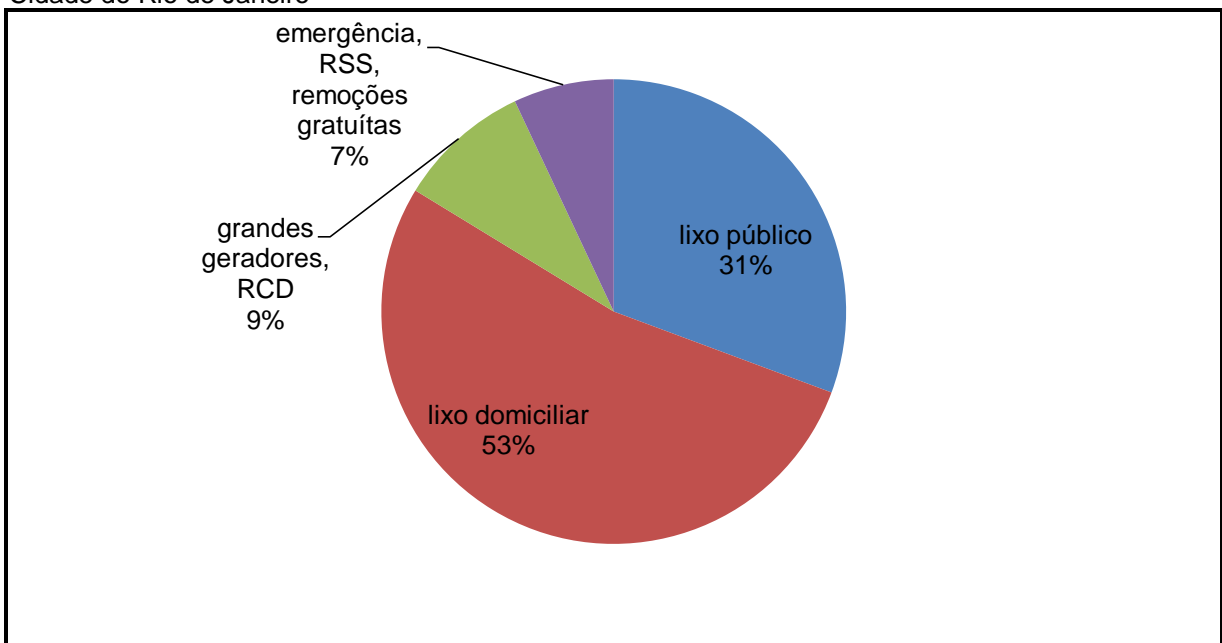
Os objetivos do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro são:

- Proteger a saúde pública e a qualidade do meio ambiente;
- Incentivar a reutilização, a reciclagem e a recuperação dos resíduos urbanos, reduzindo a quantidade de rejeitos encaminhada a aterros sanitários;
- Garantir a adequada disposição final dos resíduos mediante utilização de técnicas ambientalmente sustentáveis e propiciadoras do aproveitamento de energia;
- Definir o papel do setor privado e da sociedade civil na gestão dos resíduos e suas responsabilidades no cumprimento dos objetivos da política de meio ambiente da cidade;
- Gerar benefícios sociais e a busca da sustentabilidade econômica dos serviços ligados ao gerenciamento de resíduos, promovendo o desenvolvimento sustentável;
- Criar mecanismos de geração de trabalho e de renda promovendo a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis e das pessoas que trabalham no segmento da recuperação e reciclagem;
- Incentivar parcerias do governo com organizações que permitam otimizar a gestão integrada de resíduos sólidos;
- Garantir a recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos e de rejeitos, pela própria municipalidade ou pelo autor da degradação, quando identificado;
- Garantir o acesso da população à informação, à participação e ao controle social nas questões relativas à gestão integrada de resíduos sólidos;
- Garantir a regularidade, a continuidade, a funcionalidade e a universalidade dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos;
- Incentivar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, bem como o desenvolvimento de novos produtos e processos com vista a estimular a utilização das tecnologias ambientalmente saudáveis;
- Incentivar a valorização dos resíduos sólidos por processos de tratamento considerados técnica, econômica e ambientalmente sustentáveis;

- Apoiar as iniciativas visando alcançar os percentuais de redução dos GEE estabelecidos pela Lei Municipal de Mudanças Climáticas (Lei nº 5.248/2011) para 2016 = 16% e 2020 = 20%.

Os diversos tipos de resíduos sólidos coletados na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2014 e encaminhados às unidades de recebimento do sistema público municipal atingiram a média de 9.227 t/dia, conforme mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Tipos de resíduos encaminhados às unidades de disposição final do sistema público da Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: PMIGRS, 2016

Segundo Brasil (2010), o lixo domiciliar é aquele originário de atividades domésticas em residências urbanas. O lixo público é aquele proveniente da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

Atualmente, 99,5% do fluxo de resíduos sólidos urbanos gerados na Cidade são destinados ao CTR-Rio, no Município de Seropédica, após passarem pelas Estações de Transferência de Resíduos (ETRs). O restante, 0,5% compreende o fluxo da Coleta Seletiva.

Conforme RIO DE JANEIRO (Cidade) (2016), até o encerramento definitivo do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, ocorrido em 03 de junho de 2012, o RCD vinha sendo enviado para a Área de Transbordo e Triagem (ATT) das Missões, no bairro de Cordovil, e reaproveitado na pavimentação das pistas e praças de operação do aterro, no recobrimento dos resíduos dispostos, no nivelamento e na

conservação de suas vias de acesso. Eram recebidos também no CTR Gericinó, e utilizados em serviços de conservação da própria unidade, porém em março de 2014, as atividades deste CTR foram encerradas (COMLURB, 2016).

A geração per capita de resíduos, considerando o total de resíduos da cidade (lixo domiciliar, público, emergências, RSS, remoção gratuita, grandes geradores, incluindo RCD) era de 1,43 kg/hab./dia (PMGIRS, 2016).

Para a remoção de RCD de pequenas obras residenciais, desde que os resíduos estejam acondicionados em sacos plásticos de 20 litros, pode ser solicitada a coleta de até 150 sacos a cada 10 dias, através do Serviço de Remoção Gratuita da COMLURB.

3.2 Unidades de recebimento e beneficiamento de RCD licenciadas

Existem, atualmente, seis empresas licenciadas para RCD no Município do Rio de Janeiro, sendo cinco delas relacionadas no site da SECONCERMA (Tabela 8). São elas: Arco da Aliança, Tamoio Mineração S.A, Concretan S.A, LIEJ Guaratiba Materiais de Construção Ltda. e Mineração Galácia Ltda. A sexta empresa, não relacionada no referido site, é a empresa Natura Ambiental Ltda. que detém uma averbação à Autorização Ambiental para beneficiamento de RCD, em cumprimento ao Termo de Cooperação Técnica firmado com a COMLURB, conforme descrito, a seguir, no item 3.5.

Dessas seis empresas, duas (Tamoio Mineração S.A e Concretan S.A) são pedreiras e a atividade principal é a extração mineral. As empresas Arco da Aliança, e Mineração Galácia Ltda. tem entre outras atividades a coleta, o transporte e a destinação de entulhos, refugos de demolições e obras de construção. A empresa LIEJ Guaratiba Materiais de Construção Ltda. comercializa materiais de construção em geral, plantas e flores naturais e possui um pequeno britador (capacidade < 1m³) para preparação de adubo orgânico e não orgânico. A empresa Natura Ambiental Ltda. opera no Ecoparque do Caju uma usina de beneficiamento de RCD.

Tabela 8 – Empresa licenciadas - RCD

Empresas	Bairro	Tipo de RCD	Licenças	OBS.
Arco da Aliança	Água Santa	A	LO IN018282 Validade 30/03/2016. Em renovação na SUBMA.	Licença para armazenamento, transporte e beneficiamento de RCD, além de oferecer locação de caçambas e de equipamentos pesados para escavação, demolição e compactação.
Tamoio Mineração S.A	Taquara	A, B, C	LMO 0007282012-SMAC Validade 15/06/2017. Em renovação na SUBMA.	Extração mineral (pedreira). Beneficiamento de RCD.
Concretan S.A	Inhaúma	A	LMO 001102/2013 – SMAC. Validade 24/10/2018. Em renovação no SUBMA.	É uma pedreira do grupo Lafarge/Holcim. Segundo relação anterior da SMAC de empresas licenciadas possuía capacidade de britagem de 6.000 t/dia.
LIEJ Materiais de Construções Ltda.	Ilha de Guaratiba	A, B, C	LMO 001141/2013 – SMAC. Validade 19/11/2018. Em renovação no SUBMA.	Recebe RCD através da locação de caçambas e no momento estão sem equipamento para britagem de pequenas quantidades de RCD (até 1m³).
Mineração Galácia Ltda.	Santa Cruz	A	LMO 001543/2015. Validade 22/04/2020	Entre diversas atividades, realiza coleta de entulho e refugos de demolições e obras de construção. Segundo relação anterior da SMAC de empresas licenciadas possuía capacidade de britagem de 6.912 t/dia.
Natura Ambiental Ltda. (*)	Caju	A, B, C	AVB 0634/2018 - SECONSERMA	Usina de beneficiamento de RCD Classe A, segregação, armazenamento e destinação de RCD Classes B e C. Capacidade de britagem de 2.400 t/dia.

Fontes: Adaptado do RIO DE JANEIRO (Cidade), 2019.

OBS.: (*) a empresa não está relacionada no site da SECONCERMA.

A ABRECON (2019) criou um sistema de localização de empresas que recebem e reciclam RCD em todo o País, denominado “Mapa ABRECON”. Neste sistema, o Município do Rio de Janeiro apresentou uma relação de duas empresas. São elas: RIWA e Terra Prometida (empresa parceira de Arco da Aliança). Clicando com o mouse em qualquer uma delas, obtêm-se o endereço, telefone de contato, os tipos de material que estão à venda e o tipo de RCD que pode ser recebido. Nestas duas empresas, a RIWA vende: areia, artefato de concreto, bica corrida, brita, brita graduada simples - BGS, pedra, pedrisco, pó de pedra, rachão e recebe: argamassa, blocos de concreto, concreto, tubos de concreto; a Terra Prometida vende: o mesmo tipo de material da RIWA e recebe: alumínio, argamassa, blocos de concreto, manta de rocha, refugo de recapeamento e tubos de concreto.

Sobre a empresa RIWA não se obteve nenhuma outra informação, além daquelas fornecidas pelo site do Mapa ABRECON, apesar de tentativas realizadas na internet ou através do número de telefone disponibilizado no referido site. Atualmente encontra-se em recuperação judicial.

Sobre a empresa Terra Prometida obteve-se, através dos mesmos meios acima informados para a empresa RIWA, outras informações. Ela tem os mesmos sócios da empresa Arco da Aliança e suas atividades estão relacionadas à locação de caçambas, operação e locação de equipamentos pesados e beneficiamento de RCD.

Pode-se afirmar que há no Município do Rio de Janeiro apenas a usina de beneficiamento de RCD da empresa Natura Ambiental, localizada no Ecoparque do Caju – COMLURB, dedicada ao beneficiamento de RCD. Todas as demais empresas Arco da Aliança ou Terra Prometida, Tamoio Mineração S.A, Concretan S.A, LIEJ Materiais de Construções Ltda., Mineração Galácia e RIWA possuem outras atividades como principais que não são o beneficiamento de RCD.

3.3 Geração de RCD x geração de agregado reciclado

Através das informações levantadas neste estudo, foram avaliadas algumas possibilidades de se determinar a geração de RCD e a respectiva geração de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro.

Com relação à quantidade de RCD produzida, considerando os mesmos critérios adotados no item 1.2.1 (população x 0,52 t/hab.ano x 80 %), agora para a população do município do Rio de Janeiro de 6.500.000 habitantes (IBGE, 2015), estima-se uma geração de RCD de 2.704.000 toneladas/ano.

Outra possibilidade em relação à geração de RCD é considerando as informações prestadas pelo coordenador de projetos da COMLURB, o engenheiro João Carlos Xavier de Brito (informações escritas)³. Baseadas em dados da antiga Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), estima-se uma geração de RCD, atualmente, no Município do Rio de Janeiro de 876.000 toneladas/ano. Também segundo essas informações, a maior parte deste volume (55%) é coletada e destinada pela COMLURB como lixo público no CTR-Rio, em Seropédica. Assim sendo, considera-se que apenas 394.200 toneladas/ano seriam passíveis de destinação em ATT's e aterro e de transformação em agregado reciclado. Cabe ressaltar, que essa estimativa de geração de RCD considera apenas o resíduo disponibilizado e coletado, deixando de considerar o volume de RCD disposto em áreas irregulares, como encostas de morro e leitos de rios.

Pode-se atribuir que a diferença existente entre as quantidades de RCD calculadas, 2.704.000 t/ano (quando se leva em conta a população total do município) ou 876.000 t/ano (somente as informações da COMLURB), é devida, principalmente, em razão do que pode ser gerado pela população, do que é realmente passível de coleta pela COMLURB.

Em relação à quantidade de agregado reciclado produzida considerando os mesmos critérios também adotados no item 1.2.1 (n° usinas x 90.000 m³/ano x 1,28 t/m³), para as seis empresas capazes de beneficiar RCD, conforme item 3.2, estima-se uma potencial produção de agregado reciclado de 691.200 toneladas/ano. Desta forma, seriam capazes de beneficiar cerca de 30% da geração de RCD estimada de 2.704.000 t/ano, caso esta quantidade fosse passível de ser coletada.

³ Informações prestadas pelo coordenador de projetos da COMLURB, em 06/12/2018, através do e-mail: joao.cxavier@comlurb.rio.rj.gov.br

Outra possibilidade também pode ser considerando somente a capacidade de britagem de 2.400 t/dia (876.000 t/ano) da empresa Natura Ambiental, única usina de beneficiamento exclusivo de RCD no município. Este potencial de produção seria capaz de beneficiar toda a geração de RCD estimada pela COMLURB (876.000 t/ano) ou apenas cerca de 30% daquela estimada (2.704.000 t/ano), quando se leva em conta a população do município.

Segundo Xavier (2018), um dos aspectos negativos da coleta de resíduos está ligado diretamente à dispersão do RCD em logradouros públicos, dificultando e onerando sobremodo a limpeza urbana. A falta de educação ambiental associada ao insucesso de procedimentos operacionais do tipo “disque entulho” faz com que grande parte dos resíduos gerados em pequenas obras de reformas acabe sendo lançada nas ruas, encostas de morros e leitos de rios. É de conhecimento do meio técnico que o lixo lançado ao chão custa de duas a três vezes mais para ser coletado que o lixo ofertado em condições regulares, ainda mais quando se trata de RCD.

Outra informação também relatada por Xavier (2018), uma análise gravimétrica realizada pela COMLURB, em 2013, demonstrou que o lixo público coletado continha, em média, 63% de resíduos inertes e 470 kg/m³ de peso específico (Tabela 9). Ressalta-se ainda a diferença encontrada nas diferentes unidades para os percentuais de inertes (de 45 a 75%) e os pesos específicos, variando de cerca de 260 a 680 kg/m³. Foi observado que este lixo inerte era bastante heterogêneo, podendo sua composição variar de predominância de galhadas (pequeno peso específico) a entulhos de alto peso específico.

Em relação ao lixo domiciliar, a composição gravimétrica indicada em uma série histórica dos últimos 22 anos variou em percentuais de inertes de 0,35 a 2% e de peso específico de 110 a 200 kg/m³ (COMLURB, 2016). Para o lixo domiciliar sem compactação, o peso específico variou de 150 a 250 kg/m³ (BOSCOV, 2008).

Tabela 9 - Média geral da gravimetria do lixo público da Usina de Jacarepaguá, ETR de Santa Cruz, ETR de Marechal Hermes e Usina do Caju.

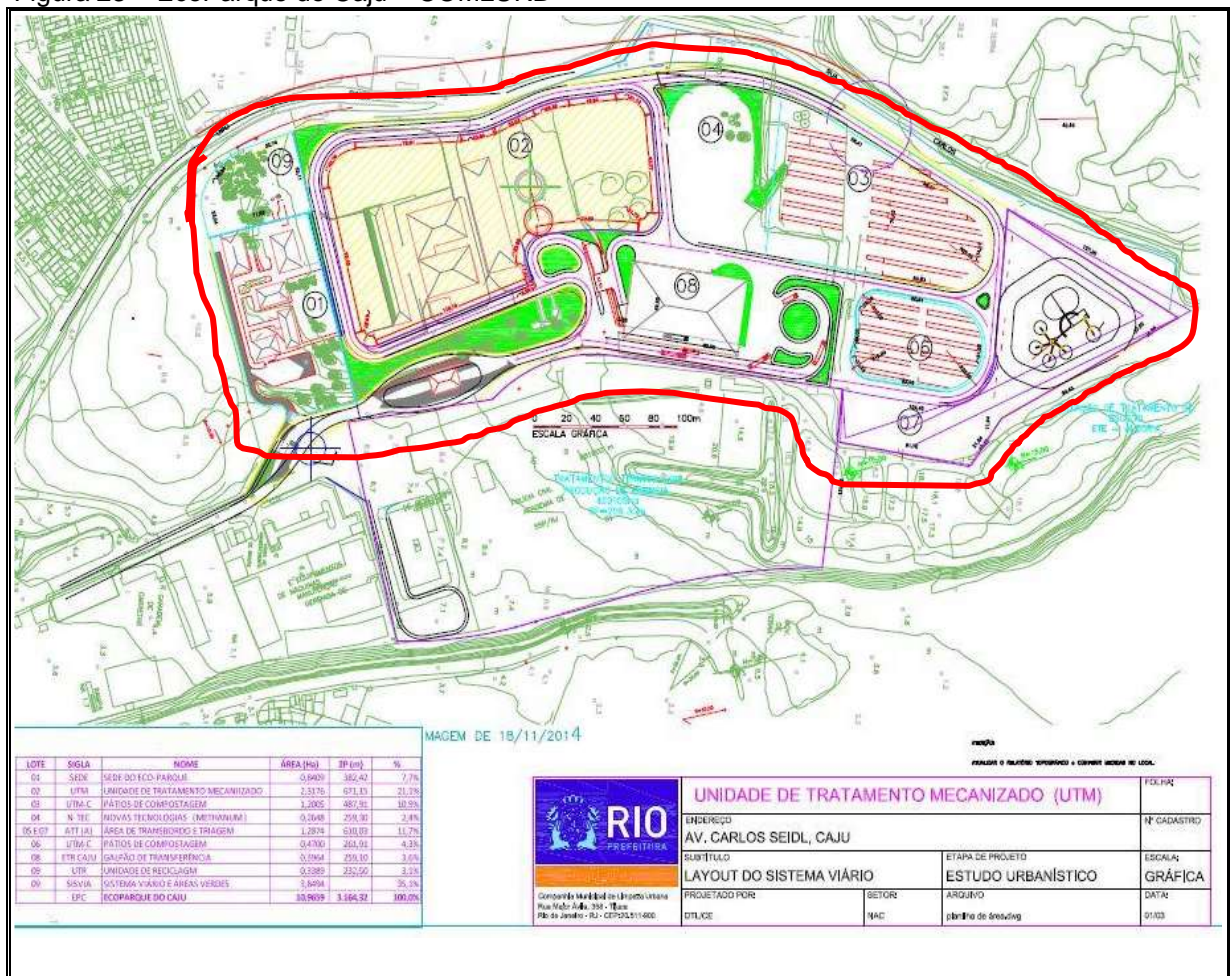
Amostras	28/06/13	28/06/13	04/07/13	05/07/13	Média
	Usina de	ETR de	ETR de	Usina do	Aritmética
	Jacarepaguá	Sta. Cruz	Mal. Hermes	Caju	
Componentes (%)					
Papel	3,16	2,93	0,08	3,58	2,44
Plástico	2,82	5,06	0,61	4,79	3,32
Vidro	0,09	0,86	4,84	0,41	1,55
Orgânico	2,44	16,08	2,27	9,22	7,50
Metal	0,69	2,50	1,15	0,56	1,22
Inerte	74,05	45,45	55,51	73,77	62,69
Outros	16,76	25,12	35,55	7,67	21,27
Peso Específico (Kg/m³)	681,31	261,08	376,29	556,03	468,68

Fonte: Adaptado de COMLURB, 2014

3.4 Ecoparque do Caju

O Ecoparque do Caju (Figura 23) tem por objetivo abrigar e desenvolver tecnologias de tratamento de resíduos sólidos com vistas a reduzir a quantidade disposta em aterro. Até o momento, o Ecoparque conta com as seguintes tecnologias em fase de projeto e/ou de implantação e que terão seus processos maturados em 2018: uma unidade de processamento de resíduos da construção civil; uma unidade piloto de biometanização; uma Unidade de Tratamento Mecanizado (UTM) com capacidade de recuperar mais de cinco mil toneladas de recicláveis por mês; e uma Usina de Tratamento de Resíduos de Poda, em parceria com a Prefeitura de Colônia/Alemanha (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2017b).

Figura 23 – EcoParque do Caju – COMLURB



Fonte: COMLURB, 2016

Também segundo RIO DE JANEIRO (Cidade) (2017b), a partir de 2019, a unidade de processamento de resíduos da construção civil estará apta a reciclar os resíduos gerados nas operações de recuperação de pavimentos intertravados realizadas pela SECONSERMA. Além disso, a unidade irá produzir agregados reciclados que poderão ser usados nas obras públicas.

Entretanto, Xavier (2018) informou que estão previstas mudanças na área hoje ocupada pela usina de beneficiamento, pois esta será disponibilizada para a implantação de um equipamento de termovalorização. Em consequência disto, será lançado em breve, um edital para contratação dos serviços de implantação e operação de duas ATT's, próximas às estações de tratamento da COMLURB, ETR Caju e ETR Bangú, respectivamente. Estas serão implantadas com vistas ao recebimento de RCD com processo de valorização de resíduos Classe A, segregação e comercialização de resíduos Classe B, e segregação e adequada destinação final de resíduos Classe D.

3.5 Usina de beneficiamento de RCD da Natura Ambiental / COMLURB

Em 06 de abril de 2017, o Diário Oficial do Município de Rio de Janeiro publicou o Termo de Cooperação Técnica nº 015/2017 entre a COMLURB e a empresa Natura Ambiental Ltda., sob o regime de parceria, visando à elaboração de estudos e execução de aproveitamento dos RCC, cujo processo envolva a recepção e o tratamento dos resíduos pela empresa Natura, tornando-os reutilizáveis ou recicláveis como agregados (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2017d).

A SECONSERMA concedeu em 02 de abril de 2018 uma Averbação de Autorização Ambiental Municipal - AVB 0634/2018 alterando a titularidade anterior da COMLURB na Autorização Ambiental Municipal - AAM 000021/2017, para a empresa Natura Ambiental (Figura 24).

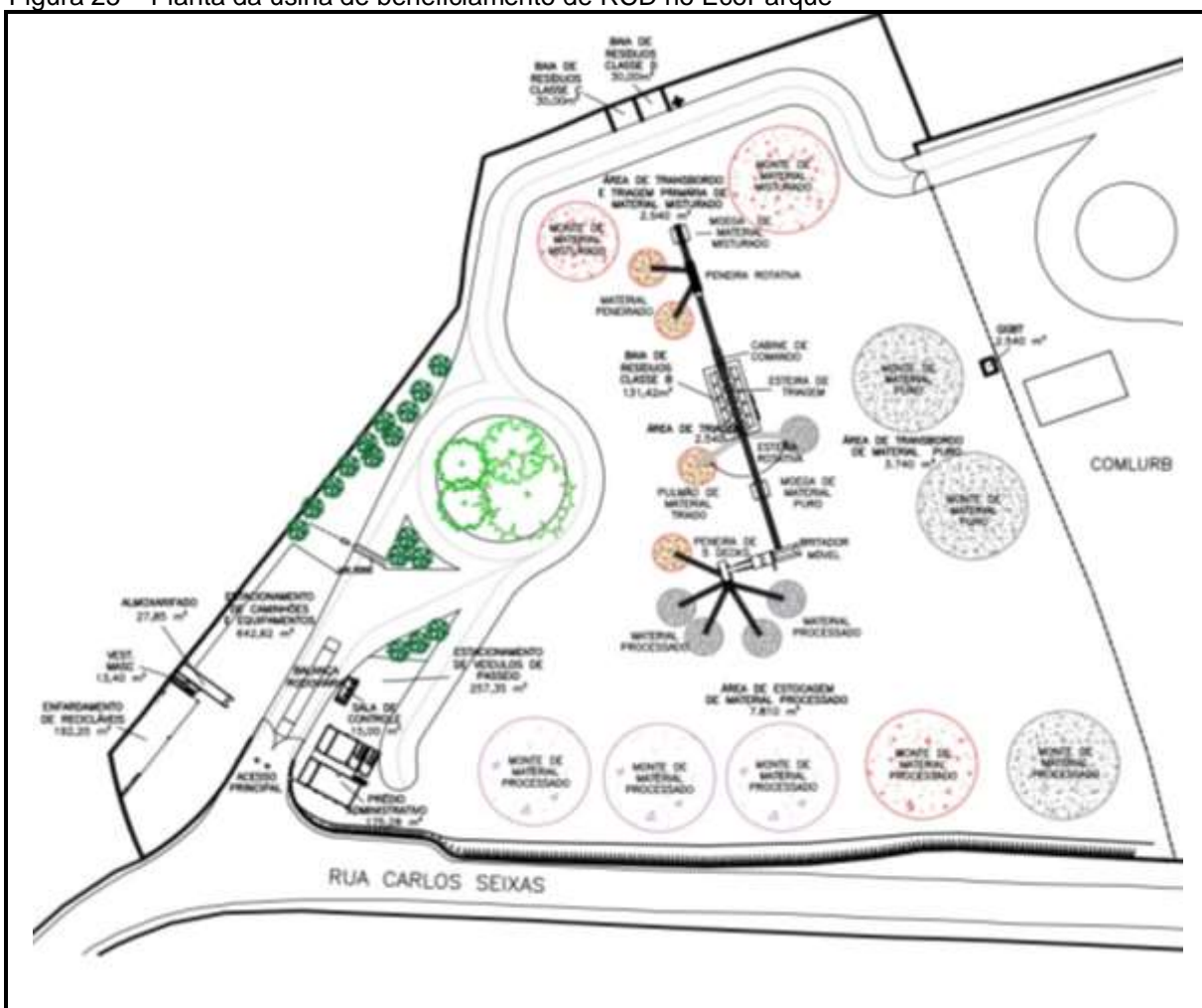
Figura 24 – AVB 0634/2018

 <p>PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente</p>			
<p>AVERBAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAL AVB 0634/2018</p>			
<table border="1"> <tr> <td>Parte Integrante da Autorização Ambiental Municipal</td> <td>AAM Nº 000021/2017</td> </tr> </table>		Parte Integrante da Autorização Ambiental Municipal	AAM Nº 000021/2017
Parte Integrante da Autorização Ambiental Municipal	AAM Nº 000021/2017		
<p>Processo Nº 26/510175/2017 Página 1 de 1</p>			
<p>Responsável : COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – COMLURB CNPJ: 42.124.693/0001-74</p>			
<p>Descrição da Atividade : "PROJETO PILOTO" PARA ESTUDOS E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NÃO PERIGOSOS COM BRITAGEM DE RESÍDUOS CLASSE A, SEGREGAÇÃO, ARMAZENAGEM E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS CLASSES B e C COM O USO DE BRITADOR MÓVEL COM CAPACIDADE MÁXIMA DE 2.400 TON/DIA e OPERAÇÃO PELA COMLURB"</p>			
<p>Endereço: Rua Carlos Seixas, s/nº - Caju.</p>			
<p>A Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente – SCMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo Decreto Municipal 40.722 de 08 de outubro de 2015 averba a Autorização indicada em epígrafe, conforme justificado à fl. 500 do processo 26/510.175/2017, alterando a titularidade da AAM da seguinte forma:</p>			
<p>Alteração da titularidade: Onde se lê: COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – COMLURB CNPJ: 42.124.693/0001-74 Leia-se: NATURA AMBIENTAL LTDA CNPJ:00.445.776/0001-15</p>			

Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Através de informações prestadas pelos técnicos da empresa Natura Ambiental (informações escritas)⁴, esta iniciou em julho de 2017, após a publicação do Termo de Cooperação Técnica, a instalação da usina de beneficiamento de RCD em uma área de 25.802,12 m², situada nos fundos da Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos, no EcoParque do Caju. Esta área encontrava-se sem uso pela COMLURB, tendo sido utilizada, anteriormente, para compostagem de matéria orgânica. Foi disponibilizada por ser considerada de baixo impacto ambiental, sem vizinhança habitacional nas imediações. A Figura 25 apresenta a planta da usina de beneficiamento de RCD.

Figura 25 – Planta da usina de beneficiamento de RCD no EcoParque



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

⁴ Informações prestadas pelos técnicos Marcelo Cerqueira e Thais Schtruk da empresa Natura Ambiental, em 08/11/2018, através do e-mail: thais.gs@naturaambiental.com.br

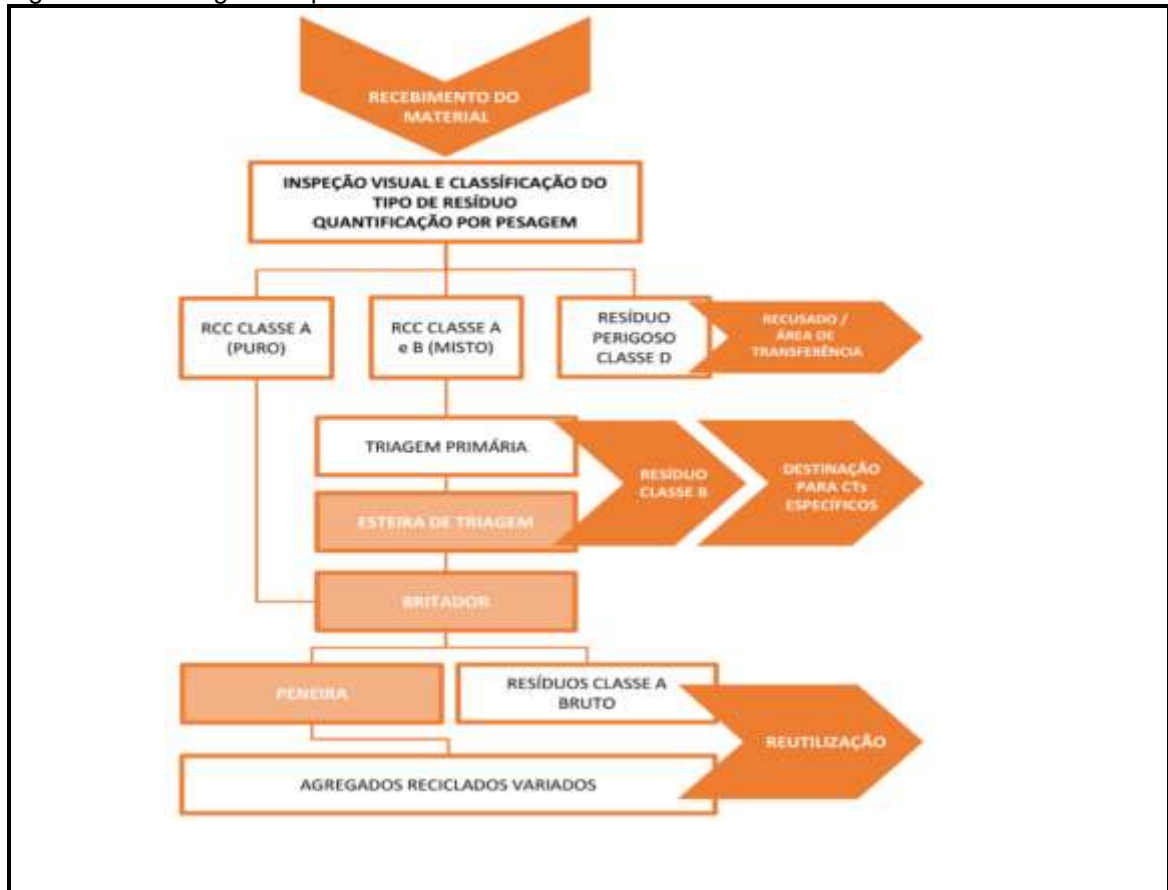
Para a operação da usina de beneficiamento foram implantadas uma balança rodoviária, três britadores móveis (no período da pesquisa, somente um britador estava em operação), uma peneira móvel e o conjunto de triagem em estrutura metálica, dotado de uma peneira rotativa (trommel) e duas esteiras mecanizadas com velocidade controlada, sendo uma delas coberta, onde é realizada a triagem manual do material a ser processado. As bases foram construídas com fundações rasas do tipo radier e sapatas, minimizando assim o impacto na região de implantação, por tratar-se de uma área aterrada. Está em instalação uma peneira de quatro decks movida à eletricidade.

As capacidades operacionais desses equipamentos são:

- Britador móvel a diesel - até 400 toneladas/hora;
- Peneira móvel a diesel - até 400 toneladas/hora;
- Conjunto de triagem elétrico - até 50 toneladas/hora;
- Peneira móvel elétrica - até 200 toneladas/hora.

O fluxograma operacional da usina de beneficiamento de RCD Natura/COMLURB é apresentado na Figura 26. Conforme este, o material recebido na usina é inspecionado visualmente na portaria para verificação de sua composição. Após a pesagem, é direcionado para uma das linhas de produção: RCD classe A (puro) e RCD classes A e B (misto). Resíduos perigosos são recusados. O RCD considerado puro é encaminhado, inicialmente, para o britador e, posteriormente, para o sistema de peneiras, a fim de classificá-lo de acordo com a granulometria e estocados em pilhas. O RCD misto é encaminhado para a triagem onde são retirados os materiais recicláveis, tais como: plásticos, papéis e papelão, vidros, metais e outros. O britador móvel dispõe de eletroímã para separação de pequenos pedaços de ferro.

Figura 26 – Fluxograma operacional da usina de beneficiamento de RCD



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Os tipos de agregados produzidos são: areia, pó de pedra, bica corrida, brita 0, brita 1, brita 2 e rachão.

As Figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32 e 33 são fotos da Usina de Beneficiamento de RCD no Ecoparque do Caju, apresentadas em Schtruk e Cerqueira (2018).

Figura 27 – Entrada da Usina de Beneficiamento de RCD



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 28 – Linha de Triagem (Trommel e Esteiras Mecanizadas)



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 29 – Início do Beneficiamento:
Alimentação da Moega



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 30 – Triagem no Trommel
(Peneira Rotativa)



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 31 – RCD Peneirado



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 32 – RCD Triado



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 33 – Britador Móvel



Fonte: Autor, 2018

Segundo Schtruk, T; Cerqueira, M. (2018) já foram comercializados produtos fabricados (agregados reciclados) na usina de beneficiamento com algumas empresas para utilização em sub-base e base de pavimentação. Produtos idênticos também foram disponibilizados para a preparação e terraplanagem da área operacional da planta de beneficiamento de biomassa da COMLURB e para, em parceria com a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, a elaboração e execução de praças que utilizem conceitos sustentáveis. Em relação a esta parceria, estão sendo utilizados agregados reciclados na execução da praça Damasco em Senador Camará (Figuras 34, 35 e 36). Até o momento, foram utilizados na preparação do sistema de drenagem, no assentamento do piso e na pista de caminhada da respectiva praça.

Figura 34 – Placa Indicativa da Parceria Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro / Natura Ambiental



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 35 – Pavimentação do Piso



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

Figura 36 – Pavimentação da Pista de Caminhada



Fonte: Schtruk, T; Cerqueira, M., 2018

3.6 Mercado do agregado reciclado

Para a obtenção de informações relativas ao mercado de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro, foram realizadas entrevistas com técnicos da COMLURB. A primeira entrevista foi com o Coordenador de Projetos engenheiro João Carlos Xavier de Brito e a segunda com membros da Diretoria Técnica e de Engenharia, engenheiros José Henrique Penido Monteiro, Claudia Froes Ferreira e Paulo Nagib Jardim.

As informações prestadas pelo eng^o João Carlos Xavier de Brito foram:

- O mercado pode ser dividido em dois grupos: Mercado de recebimento de RCD e Mercado de agregado reciclado.

Quanto ao primeiro mercado, apenas as grandes construtoras se preocupam em mandar seus resíduos para um destino final licenciado e assim mesmo, se notar que não há fiscalização, podem acabar descartando os resíduos em locais inadequados.

Neste mercado, o que vale é o menor preço, considerado como a soma dos preços de transporte e de destinação final. Além disso, as obras de reformas em moradias de Classe A e B contratam caçambas estacionárias para a remoção e destinação final de seus resíduos. Entretanto, não havendo fiscalização, grande parte dos caçambeiros acaba descartando, também, os resíduos em qualquer lugar (encosta de morro, leito de rio e ruas sem movimento);

Quanto ao mercado de agregado reciclado, basicamente, são dois produtos: finos e areia; e agregado graúdo. O primeiro produto tem uso restrito na Região Metropolitana, já que a maior parte das vias tem pavimento asfáltico, limitando o uso dos finos à execução de base e sub-base do pavimento.

Quanto ao agregado graúdo, a situação é um pouco diferente, pois a restrição do mercado se prende à falta de constância na qualidade do produto entregue, ou seja, em um determinado momento, o produto é de boa qualidade, mas em outro, não. Como consequência, esta falta de constância conduz à rejeição de eventuais compradores.

- A fiscalização é responsabilidade da SECONSERMA e da COMLURB.

- Outro fato relevante é que a Região Metropolitana possui abundância de brita virgem, o que faz com que o preço deste material não seja impraticável.

As informações prestadas pelos engenheiros José Henrique Penido Monteiro, Claudia Froes Ferreira e Paulo Nagib Jardim foram:

- Em 2017, através de uma iniciativa da COMLURB, foi firmado um Termo de Cooperação Técnica com a empresa Natura Ambiental para a instalação de uma usina de beneficiamento de RCD em uma área situada no Ecoparque do Caju. A instalação e a operação da planta seriam responsabilidade da empresa Natura e envolveriam a recepção e o beneficiamento do RCD em agregado reciclado, pelo prazo de 24 meses. No entanto, esta parceria frustrou as expectativas da COMLURB e, atualmente, encontra-se paralisada. A COMLURB tem a intenção de lançar, em breve, a publicação de um edital para contratação de serviços de implantação e operação de ATT's. Nestas futuras unidades deverão ser desenvolvidas atividades de recebimento e valorização do RCD.
- Os grandes geradores de RCD, ou seja, as grandes empresas construtoras, têm melhores condições de destinar adequadamente os diversos tipos de resíduos gerados durante as obras. O maior problema para recuperação de RCD resulta das pequenas e médias obras de reforma ou de demolição, que se utilizam de caçambas para escoar os resíduos gerados. Estas caçambas disponibilizadas em vias públicas recebem todo tipo de resíduo decorrente de obras de demolição e reconstrução; além disso, ficam expostas ao vazamento irregular de outros resíduos por qualquer um que tenha acesso a elas. Esta contaminação dificulta em muito o processo de reaproveitamento e beneficiamento de resíduos de RCD e sua transformação em agregados reutilizáveis na construção civil.
- O Decreto Municipal nº 33.971/2011, instituído em atendimento à legislação vigente, obriga a utilização de agregado reciclado em obras e serviços da Prefeitura do Rio de Janeiro. Porém, está autorizado, até o momento, a sua utilização apenas para revestimento primário de vias, e mesmo assim, depois de aprovação técnica. Sabe-se que a qualidade de agregado reciclado varia muito e que o controle desta qualidade não é praticado rotineiramente.
- A Região Metropolitana do Rio de Janeiro detém uma grande disponibilidade

de agregado natural com preços acessíveis, comprometendo o interesse por agregado reciclado. Como por exemplo, a brita de maciço, disponível com preços competitivos e de boa qualidade.

Com o objetivo de contextualizar os resultados encontrados e ao mesmo tempo analisar, através de outra ótica, o mercado de agregado reciclado, foi utilizada a Matriz ANSOFF (Figura 37). Também chamada de Matriz de produto/mercado foi criada pelo autor russo Igor Ansoff (1918 - 2002). Possibilita traçar estratégias através da análise do mercado x produto (SOUZA, 2017).

Figura 37 – Matriz Ansoff

		Produto (agregado reciclado)	
		Existente	Novo
Mercado	Existente	<p><i>Penetração de mercado</i></p> <p>Inconstância da qualidade e desconhecimento do produto.</p>	<p><i>Desenvolvimento de produto</i></p> <p>Controle da qualidade, programas de divulgação do produto e novas pesquisas.</p>
	Novo	<p><i>Desenvolvimento do mercado</i></p> <p>Aquisição pela Prefeitura e construtoras.</p>	<p><i>Diversificação</i></p> <p>Peças pré-moldadas diversas (canaletas, blocos, meios-fios, muros, concretos....) com ou sem função estrutural.</p>

Fonte: SOUZA, 2017.

As análises de mercado de agregado reciclado no Município do Rio de Janeiro através da Matriz Ansoff foram:

- Penetração de mercado: concentra-se em aumentar as vendas de produtos existentes para um mercado existente:

Atualmente essa estratégia de crescimento é ruim. Conforme citado anteriormente, a Prefeitura autorizou, até o momento, um único uso (sub-base e base de pavimentação). Além disso, a qualidade do produto é inconstante, em um determinado momento, ele é de boa qualidade, mas em outro, não e também, o pouco conhecimento do mercado sobre esse tipo de produto.

- Desenvolvimento de produtos: tem o foco na introdução de novos produtos em um mercado existente:

Essa estratégia se tornaria factível se as usinas realizassem controle de qualidade sobre os produtos fabricados, se a Prefeitura divulgasse e incentivasse a sua utilização e que setores da sociedade, como o acadêmico, o de pesquisa e o privado desenvolvessem tecnologias que viabilizem, cada vez mais, o uso de agregado reciclado na cadeia produtiva da construção civil.

- Desenvolvimento de mercado: sua estratégia se concentra em entrar em um novo mercado usando produtos existentes:

A aquisição pela Prefeitura de parte da produção de artefatos pré-moldados, fabricados com agregado reciclado pelas usinas de beneficiamento, criaria um mercado preferencial para a comercialização e manutenção da qualidade desses produtos. Assim, o controle de qualidade do agregado reciclado produzido nas usinas de beneficiamento de RCD se tornaria fundamental para a manutenção, o fortalecimento e a credibilidade desse mercado.

- Diversificação: tem como foco a entrada em um novo mercado com a introdução de novos produtos:

Através da divulgação, da realização de novos estudos que comprovassem a eficiência do agregado reciclado para utilização e fabricação de peças pré-moldadas diversas com ou sem função estrutural incrementaria o mercado, como incentivaria a instalação de usinas de beneficiamento de RCD pelo setor privado, tornando-a um negócio possível em um cenário de crescimento estável, além de possibilitar a criação de novos empregos e de mais alternativas sustentáveis para a destinação de RCD.

3.7 Legislação estadual

A Diretriz - DZ-1310.R-7, da antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), aprovada pela Deliberação CECA nº 4.497, de 03 de setembro de 2004 tinha o objetivo de efetuar o controle do fluxo dos resíduos gerados no Estado do Rio de Janeiro, desde sua origem até a destinação final, através da adoção de um sistema denominado Sistema de Manifesto de Resíduos. Este controle era realizado mediante o uso de formulário próprio, denominado Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), e permitia conhecer e controlar a forma de destinação dada pelo gerador, transportador e receptor de resíduos, evitando o seu encaminhamento para locais não licenciados.

Essa Diretriz foi revogada pela Resolução CONEMA nº 79, de 07 de março de 2018, que, em seu lugar aprovou a Norma Operacional (NOP) INEA nº 35 que instituiu um Sistema Online de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), encerrando de vez a utilização de formulários de papel. Foi estabelecido um prazo de 180 (cento e oitenta) dias, a contar da data de publicação desta Resolução, para a adoção da metodologia apresentada do sistema online dos resíduos gerados, transportados e destinados no Estado do Rio de Janeiro.

Antes da Resolução CONEMA nº 79, a Prefeitura do Rio de Janeiro utilizava um sistema de controle de transporte de resíduos que se assemelhava ao adotado pela DZ 1310, porém denominado de CTR (Controle de Transporte de Resíduos).

Conforme informado pelo consultor da SINDUSCON - RIO, Sr. Lydio S. Bandeira de Mello (informações escritas)⁵, o CTR foi elaborado pelo SINDUSCON - RIO em 2004 para uso das construtoras, adotando como referência o Anexo A das NBR – 15112 (ABNT, 2004a) NBR – 15113 (ABNT, 2004b) e NBR – 15114 (ABNT, 2004c). Este foi um dos resultados do projeto-piloto desenvolvido pelo SINDUSCON - RIO junto com diversas construtoras para implantação das diretrizes da Resolução CONAMA nº 307. Desta forma, pelo uso constante, consagrou-se no setor e entre os próprios transportadores o modelo do CTR acima citado. Somente a partir da Resolução SMAC nº 512, foi sugerido formalmente um modelo para o documento de

⁵ Informações prestadas pelo consultor do SINDUSCON - RIO em 22/10/2018, através do e-mail: lydiobandeira@terra.com.br

controle de transporte dos resíduos. Nesta oportunidade, o CTR se transformou em NTR (Nota de Transporte de Resíduo) por decisão da SMAC, que entendia que este CTR poderia ser confundido com aquele da sigla de centro de tratamento de resíduo, também CTR. Assim “controle” virou “nota”. Na prática, porém, continuou-se adotando o modelo original do CTR, que, progressivamente, passou a ser denominado NTR. A Resolução SMAC nº 604 modificou o modelo de NTR sugerido. Ele, apesar de ainda inspirado nas normas técnicas e no CTR do SINDUSCON - RIO, passou a ter um aspecto visual semelhante ao Manifesto de Resíduos do INEA. Esta resolução continua em vigor, porém está sendo revisada, principalmente, em função da substituição da NTR pelo novo sistema Online de MTR do INEA, conforme estabelecido pela Resolução CONEMA nº 79.

A Lei Estadual nº 7173/2015 determinou que o poder executivo concedesse isenção do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação - ICMS a circulação e comercialização de produtos derivados de reciclados da construção civil. Entretanto, até o momento da pesquisa, esta Lei não havia sido regulamentada.

3.8 Legislação municipal

O Decreto nº 27.078/2006 instituído em atendimento à Resolução CONAMA nº 307, estabeleceu a obrigatoriedade de os municípios elaborarem os seus planos de gerenciamento de resíduos (PGRCC).

Ele foi, na prática, uma “costura” de diversas iniciativas já existentes no Rio de Janeiro, tais como a Resolução SMAC nº 387/2005. No seu Capítulo VI, recomendava o uso preferencial de agregados reciclados em obras e serviços públicos. Este Decreto permanece em vigor, com a exceção dos seus artigos 35 e 36 que foram revogados pelo Decreto nº 33.971/2011.

O Decreto Municipal nº 33.971/2011, ao invés do Decreto nº 27.078/2006 que apenas recomendava, tornou obrigatória a utilização de agregados reciclados em obras e serviços de engenharia realizados pelo município. Para isto, definiu os

diversos usos para os agregados reciclados, de acordo com o tipo da obra (Tabela 10).

Entretanto, esses usos somente passariam a vigorar quando estivessem relacionados no catálogo do Sistema de Custo para Obras e Serviços de Engenharia - SCO - RIO (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2017a) e, conforme informado no Anexo 1 do referido Decreto Municipal e comprovado por consulta realizada em março de 2018, apenas o item 1.1 (revestimento primário de vias) está relacionado no mencionado catálogo como item BP 04.10 Bases e Sub-bases de Material Reciclado e subdividido em dois subitens:

- BP 04.10.0100 (A) Base de agregados reciclados, de resíduos da construção civil, inclusive fornecimento dos materiais, medido após compactação. Cotação de R\$ 54,41/m³.
- BP 04.10.0500 (A) Sub-base e reforço de agregados reciclados, de resíduos da construção civil, inclusive fornecimento dos materiais, medido após compactação. Cotação de R\$ 59,83/m³.

Estas cotações são em média de 20 a 50% menores que as cotações de venda para: base de brita corrida (BP 04.05.0050) e base de brita graduada (BP 04.05.0025), segundo o mesmo catálogo do Sistema de Custo para Obras e Serviços de Engenharia - SCO - RIO (RIO DE JANEIRO (Cidade), 2017a).

Tabela 10 – Utilização de agregados reciclados de RCD em obras e serviços de engenharia no Município do Rio de Janeiro

Tipo de obra	Exemplos de utilização
1 - Infraestrutura	1.1 - revestimento primário de vias (cascalhamento ou camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentos em estacionamentos e vias públicas) (*3); 1.2 - passeios; 1.3 - artefatos (blocos de vedação, peças pré-moldadas para revestimento de pavimento, meios-fios, sarjetas, tentos, canaletas, tubos, mourões e placas de muro). 1.4 - drenagem urbana (embasamentos,

	nivelamentos de fundo de vala, drenos ou argamassas).
	2.1 - concreto não estrutural (muros, passeios, contrapisos, enchimentos e alvenarias de vedação);
2 - Edificações	2.2 - argamassas não estruturais;
	2.3 - artefatos (blocos de vedação, peças pré-moldadas para revestimento de pavimento, meios-fios, sarjetas, tentos, canaletas, tubos, mourões e placas de muro).

Fonte: RIO DE JANEIRO (Cidade) (2017 e)

Nota: (*3) Até março/2018, apenas o item 1.1 integra o catálogo do Sistema de Custo para Obras e Serviços de Engenharia - SCO - RIO.

De acordo com as informações do chefe do setor de resíduos SC/CG/GRHRS/GRHRS-1 da SECONSERMA, Alberto Luiz Marques Cabral (informações escritas)⁶, estão em estudos novas composições de custos, com o objetivo de incorporar todos os itens, definidos no Decreto Municipal nº 33.971, no catálogo do Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia (SCO-RIO).

A Resolução SMAC nº 604/2015 estabeleceu a obrigatoriedade da apresentação de planos de gerenciamento de resíduos da construção civil para as atividades de construção, ampliação, reforma, demolição e movimentação de terra que estejam sujeitas ao licenciamento ambiental. E somente após a aprovação do PGRCC será concedida a licença da respectiva atividade. Para as obras não enquadradas nesta Resolução, os gestores deverão gerenciar os seus resíduos desde a geração até a destinação final, mantendo os comprovantes à disposição da fiscalização.

Antes da Resolução SMAC nº 604/2015, existiu uma série iniciada em maio de 2005 com a Resolução SMAC nº 387 e substituída posteriormente pelas Resoluções nº 512, nº 515 e nº 519, todas no ano de 2012, que, ao invés da Resolução SMAC nº 604/2015, obrigava a apresentação do PGRCC somente a empreendimentos que atendessem a três condições: área construída superior a 10.000 m²; volume de solo escavado retirado da obra maior que 5.000 m³; e área de demolição superior a 10.000 m² ou que gerasse um volume acima de 5.000 m³.

⁶ Informações prestadas pelo chefe do SC/CG/GRHRS/GRHRS-1/SECONSERMA em 24/09/2018, através do e-mail: alberto.cabral@smac.rio.rj.gov.br

Todas foram revogadas pela Resolução SMAC nº 604/2015.

O Decreto Municipal nº 42.605/2016 instituiu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro que deve apresentar as informações sobre a gestão do RCD no Município. Este Plano se encontra atualizado para o período 2017- 2020.

A Portaria COMLURB nº 038, de 29 de junho de 2017 estabeleceu as diretrizes para o credenciamento de pessoas físicas e jurídicas que desejem prestar serviços de coleta e remoção de resíduos sólidos especiais, entre os quais o RCD, através da “Coleta On Line”. Este sistema foi baseado em um mecanismo denominado “cloud computing”, promovendo a rastreabilidade por georreferenciamento e relatório fotográfico, que permite que o administrador e seus usuários acompanhem e gerenciem todo o resíduo oriundo da construção civil desde a sua geração até a sua destinação final. Este sistema é o mesmo implantado no município de Jundiaí.

A Portaria COMLURB nº 4 - N, de 24 de setembro de 2018 estabelece as novas diretrizes para o credenciamento de pessoas jurídicas que desejam prestar serviços de coleta e remoção de resíduos sólidos na Cidade do Rio de Janeiro. Revoga e substitui integralmente a Portaria nº 038, de 29 de junho de 2017, que estabelecia as diretrizes para esse credenciamento, baseado em um sistema denominado “Coletas On Line”.

4 PROPOSTAS DE AÇÕES A SEREM IMPLEMENTADAS

A preservação ambiental deveria ser tema permanente de discussão e atenção da sociedade civil, porém as pessoas a relegam a segundo plano, diante de outros tantos problemas que as afetam diariamente.

Muitas propostas de melhorias da qualidade de vida e do meio ambiente poderiam ser implementadas, porém a grande maioria depende de vontade política. No entanto, o poder público está mais interessado em temas de retorno imediato, diferente da preservação ambiental que, dependendo das ações realizadas, pode levar anos para apresentar resultados.

Conforme mencionado por um gestor da SLU de Belo Horizonte, as melhorias em relação à gestão de RCD deveriam começar com uma eficiente fiscalização do poder público e a conscientização da população e das empresas de caçambeiros sobre o correto descarte de resíduos.

A implantação de ações mais incisivas de fiscalização, associadas à elaboração e divulgação de normas reguladoras reduziriam substancialmente os custos da limpeza pública, desde que fossem adotadas (XAVIER, 2018).

A criação de um novo sistema de remoção gratuita de RCD, em substituição do hoje existente (Disque Entulho), que seja ágil e eficiente, garantia ao usuário a retirada de seus resíduos a qualquer tempo e hora, sem custos (XAVIER, 2018)

A criação de Postos de Recepção de RCD gratuitos para os pequenos geradores;

A implantação de um sistema automático de fiscalização do tipo usado pela Prefeitura de Jundiaí (Jundiaí Coletas On Line, mencionado no item 1.6.2), com pesadas multas pecuniárias para os infratores (XAVIER, 2018).

A criação de políticas de incentivo à participação de setores da sociedade, como o acadêmico, o de pesquisa e o privado no desenvolvimento de novas tecnologias que viabilizem, cada vez mais, o uso de agregado reciclado na cadeia produtiva da construção civil.

A regulamentação da Lei Estadual nº 7173, aprovada em 17 de dezembro de 2015, que concede isenção de impostos sobre operações relativas à circulação e à

comercialização de produtos derivados de reciclados da construção civil, tornaria o mercado de agregado reciclado mais atraente e competitivo.

A ampliação da abrangência do Decreto Municipal nº 33.971 de 13 de junho de 2011, que torna obrigatória a utilização de agregados reciclados em obras e serviços de engenharia do Município. A aprovação dos demais usos relacionados no referido decreto propiciaria mais alternativas para a utilização de agregado reciclado.

Aquisição pela Prefeitura de parte da produção de artefatos pré-moldados, fabricados com agregado reciclado pelas usinas de beneficiamento, criaria um mercado preferencial para a comercialização e manutenção da qualidade desses produtos. Assim sendo, o controle de qualidade do agregado reciclado produzido nas usinas de beneficiamento de RCD se tornaria fundamental para o fortalecimento e a credibilidade desse mercado.

A adoção de incentivos, como os descritos, promoveria a instalação de usinas de beneficiamento de RCD pelo setor privado, tornando-a um negócio possível em um cenário de crescimento estável, além de possibilitar a criação de novos empregos e de mais alternativas sustentáveis para a destinação de RCD.

CONCLUSÃO

Independentemente dos diferentes dados encontrados relativos às estimativas de geração de RCD e às capacidades operacionais das empresas licenciadas produzirem agregado reciclado, observa-se uma fragilidade no sistema de gestão no Município do Rio de Janeiro.

As variadas informações sobre RCD gerado e coletado, a falta de informações sobre a quantidade de RCD lançado em locais clandestinos e destinado em aterro sanitário, associada às características geográficas e aos problemas sociais e urbanos da cidade prejudicam uma ação gerencial mais efetiva, sem contar com a instabilidade econômica e financeira que o Município do Rio de Janeiro atravessa, prejudicando, em muito, qualquer iniciativa que promova melhorias.

As estimativas de geração de RCD e de Agregado reciclado apresentadas no item 3.3, demonstram haver necessidade de usinas dedicadas de beneficiamento de RCD no Município do Rio de Janeiro, não somente pelo tamanho de sua população, mas também pela necessidade de cumprimento à legislação e às normas vigentes.

O Município do Rio de Janeiro ainda carece de uma gestão adequada de RCD, principalmente no que concerne à fiscalização de descartes irregulares.

A área hoje ocupada pela usina de beneficiamento no Ecoparque, em parceria com a Natura Ambiental, será disponibilizada, em breve, para a implantação de um sistema de tratamento de RSU, o que reduzirá ainda mais o volume de RCD atualmente beneficiado.

Além da dificuldade de uma gestão satisfatória, foram identificados, nesse estudo, fatores que impedem a utilização total ou parcial do agregado reciclado, cujo objetivo principal é o seu aproveitamento em obras e serviços da construção civil. O seu retorno à cadeia produtiva da construção civil, promoveria um “ganho ambiental” uma vez que deixaria de consumir matéria-prima não renovável e energia.

Fatores relacionados à geração de RCD:

- Grande parte da geração de RCD é proveniente de atividades informais, tais como: obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos

próprios usuários cujos resíduos acabam sendo descartados em locais impróprios e inadequados;

- O pequeno gerador não dispõe de informações sobre a correta disposição de resíduos na caçamba, acarretando o acúmulo e a mistura de diversos tipos de resíduos;

Fatores relacionados à qualidade do agregado reciclado:

- O mercado se ressentia da falta de constância na qualidade do produto entregue, ou seja, em um determinado momento, o produto é de boa qualidade, mas em outro, é ruim;
- O controle de qualidade do agregado reciclado nas usinas não é rotineiro, sendo realizado somente esporadicamente, na maioria das vezes, quando solicitado pelo consumidor;
- A qualidade do agregado reciclado é fundamental para a sua aceitação no mercado. A confiança no produto elevaria a aceitação perante os usuários e expandiria o mercado, independentemente de seu preço unitário.

Fatores relacionados à legislação:

- A aprovação dos demais usos recomendados para o agregado reciclado em obras e serviços do município no Decreto Municipal nº 33.971, de 13 de junho de 2011 ampliaria as alternativas de utilização. Até o momento, apenas o item 1.1 “revestimentos primários de vias (cascalhamento ou camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentos em estacionamentos e vias primárias)” foi aprovado;
- A regulamentação da Lei Estadual nº 7173, de 17 de dezembro de 2015 que concedeu isenção de impostos sobre operações relativas à circulação e à comercialização de produtos derivados de reciclados da construção civil, tornaria o mercado de agregado reciclado mais atrativo e competitivo.

Fatores identificados em relação à gestão de resíduos:

- A falta de programas regulares educacionais e de conscientização que promovam a veiculação das melhores práticas de gestão de RCD acarreta disposições irregulares por toda a cidade;

- A falta de um sistema de fiscalização eficiente, que consiga controlar a geração, o transporte e a destinação do RCD. Mesmo sendo dispendioso, propiciaria uma grande redução de custos operacionais relacionados à gestão de resíduos sólidos;
- A grande disponibilidade de brita virgem no Município do Rio de Janeiro faz com o preço deste material não atinja níveis impraticáveis, daí a importância de um programa educacional que ensine o valor de se usar cada vez menos recursos naturais não renováveis.

REFERÊNCIAS

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes. **Fórum Internacional Waste Expo 2017**. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/blog/abetre-debate-no-waste-expo-solucoes-para-gestao-de-residuos-e-fim-dos-lixoes>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos do Brasil - 2017**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos do Brasil - 2016**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos do Brasil - 2015**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos do Brasil - 2014**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Relatório Pesquisa Setorial 2017/2018**. 2018. Disponível em: <<http://www.abrecon.com.br>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.com.br>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Mapa ABRECON**. 2019. Disponível em: <https://mapa.abrecon.org.br/destinatario/busca/-22.9068/-43.1729/Rio%20de%20Janeiro,%20RJ,%20Brasil?compra_descarte=Venda&onde=Rio+de+Janeiro%2C+RJ%2C+Brasil&tipo%5B%5D=usina&tipo%5B%5D=usina-movel&tipo%5B%5D=att&tipo%5B%5D=aterro&tipo%5B%5D=ecoponto>. Acesso em: 06 jan. 2019

ABRECON (a) - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Mercado**. 2018. Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/mercado/>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

ABRECON (b) - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Cartilha do Curso de Gestão Integrada: Resíduos da construção civil e operação de usina de reciclagem de entulho, 16ª edição, São Paulo. 2018**. Disponível em: <<https://goo.gl/sBW5bw>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

ABRECON (c) - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Manual de aplicação do agregado reciclado - MARE**. 2018. Disponível em: <<http://www.aeamesp.org.br/blog/2018/10/30/seminario-apresenta-manual-de-aplicacao-agregado-reciclado-e-relatorio-setor-da-reciclagem-de-residuos-da-construcao-no-brasil/>>. Acesso em 23 nov. 2018.

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Notícias**. 2017. Disponível em <<http://abrecon.org.br/e-possivel-vender-agregado-reciclado-num-mercado-tao-tradicional-como-construcao-civil/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ANDRADE, J. A. **Os desafios da gestão municipal dos resíduos da construção civil: estudo de caso no município de São Gonçalo-RJ**. 2017. Dissertação (Mestrado em Controle da Poluição Urbana e Industrial) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. RJ, 2017.

ANGULO et al. 2011. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação**. Eng Sanit Ambient | v.16 n.3 | jul/set 2011 | 299-306.

ANGULO. S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos da construção e demolição reciclados**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Politécnica, São Paulo, 2000.

ARAÚJO, D. L.; FELIX, L. P.; SILVA, L. C.; SANTOS, T. M. **Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 11 - nº 1 (2016).

ARAÚJO, N. M. C.; CARNAÚBA, T. M. G. V. **Composição gravimétrica e massa específica dos RCD oriundos de obras de edificações verticais de Maceió**. ENTAC 2010 – XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 6 a 8 out. 2010. Canela/RS.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação**. 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15112. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD**. 2004a.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. 2004b.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. 2004c.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. 2004d.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** 2004e.

BAKOSS, S. L.; RAVINDRARAJAH, R. S. **Recycled construction and demolition materials for use in roadworks and other local government activities.** Scoping Report. Sydney, 1999. 72 p. Centre for Built Infrastructure Research. University of Technology, Sydney.

BARROS, E. X; FUCALE, S. **O uso de resíduos da construção civil como agregados na produção de concreto.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Volume 2, Número 1. 252- 258. 2016.

BELO HORIZONTE (a). [homepage na internet]. **BH em pauta: entulho de construção civil é reaproveitável** [atualizada em 15 set. 2017]. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-em-pauta-entulho-de-construcao-civil-e-reaproveitavel>>. Acesso em: 11 set. 2018.

BELO HORIZONTE (b). [homepage na internet]. **Reciclagem de entulho** [atualizada em 27 jan. 2018]. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/reciclagem-de-entulhos>>. Acesso em: 11 set. 2018.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental.** Editora Oficina de Textos, 2008. 248p. 1ª edição.

BRASIL. **Lei Federal 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 02 abr. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações de Saneamento - Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - SNIS-RS 2016.** Brasília: MCIDADES. SNSA, 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BRASILEIRO, L. L., MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.** Cerâmica vol. 61 nº358 São Paulo abr./jun. 2015.

CABRAL, A.E.B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 280p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CABRAL, A. **Informações sobre resíduos da construção civil e demolição - RCD** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mk@mkgerambiental.com.br> em 24 set. 2018.

CAMPOS, H. K. T. **Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil**. 2012. Eng Sanit Ambient | v.17 n.2 | abr/jun 2012 | 171-180.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. João Pessoa, 2005. 131 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Paraíba. CT. Engenharia Urbana, 2005.

CEPERJ - Centro Estadual de Estatística Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. 2011. Tabela 37 – **PIB 2011**. Disponível em: <www.ceperj.rj.gov.br/ceep/pib/PIB_MUNICIPAL_1999_%202011-1.xls>. Acesso em: 15 ago. 2018.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012: Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Jan. 2012

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Jul. 2002.

COMISSÃO EUROPEIA - **Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Final Report, october 2017**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_Germany_Factsheet_Final.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Portaria COMLURB nº 038 de 29 de junho de 2017**. Rio de Janeiro. 2017.

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Agenda de sustentabilidade da COMLURB**. 2016. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6458684/4173326/AgendadeSustentabilidadeDaCOMLURBJoseHenriquePenido.pdf>>. Acesso em: 20 ago 2018.

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Caracterização gravimétrica e bacteriológica dos resíduos sólidos domiciliares recolhidos pela COMLURB no Município do Rio de Janeiro – 2016**, 174p.

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Análise gravimétrica de lixo público. 2013**. Gerência de Pesquisas Aplicadas – LGP. 12 jul. 2013.

COSTA, N; JUNIOR, N. C; LUNA, M; SELIG, P; ROCHA, J. **Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada**. Eng. Sanit. Ambient. vol.12 no.4. Rio de Janeiro Oct./Dec. 2007.

FAGURY, S. C.; GRANDE, F. M. **Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) - aspectos gerais de gestão pública de São Carlos/SP**. Exacta, São Paulo, v.5,n.1, p.35-45, jan./jun. 2007.

FARIAS, A. B.; FUCALE, S. P.; GUSMÃO, A. D. **Diagnóstico de gestão de resíduos da construção civil no município de Olinda**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, volume 2, número 1, 2016.

FERREIRA, C. F. **Reunião COMLURB sobre a utilização de agregado reciclado de RCD** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marciohkalmeida@hotmail.com> em 05 abr. 2019.

FREITAS, L; BESEN, G. R; JACOBI, P, R. **Panorama da implementação da política nacional de resíduos sólidos: sólidos urbanos**. São Paulo: IEE USP: OPNRS, 2017.

GUERRA, J. S. **Gestão de Resíduos da Construção Civil em Obras de Edificações**. 2009. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

HELLER, P. G. B. **Dados de usina de RCC** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marciohkalmeida@hotmail.com> em 18 set. 2018.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coord.: MONTEIRO, J. H. P. e ZVEIBIL, V. Z. Rio de Janeiro. 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de população enviadas ao TCU - 2018**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2018/estimativa_TCU_2018_20181108.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 nov. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios brasileiros : 2017** / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro : IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf> Acesso em: 27 jul. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divulgação das estimativas de população dos estados e municípios - 2015** - RESOLUÇÃO Nº 4, de 26/08/2015. Disponível em: <http://imprensa.nacional.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/32424990/do1-2015-08-28-resolucao-n-4-de-26-de-agosto-de-2015-32424665>. Acesso em: 30 mar. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JOHN, M. V.; ANGULO, S. C.; KAHN, H. **Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização**. Coletânea Habitare, Porto Alegre, v. 7, 2006.

JUNDIAÍ. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Jundiaí - SP. 2015**. Disponível em: <<https://www.jundiai.sp.gov.br/servicos-publicos>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

JUNDIAÍ. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Jundiaí - SP. 2017 - Versão preliminar**. Disponível em: <<https://jundiai.sp.gov.br/infraestrutura-e-servicos-publicos/wp-content/uploads/sites/18/2017/10/merged.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2018.

JUNDIAÍ (a). **Imprensa oficial do município de Jundiaí - edição 4364 de 31/01/2018 - Jundiaí - SP. 2018**. Disponível em: <<https://imprensaoficial.jundiai.sp.gov.br/edicao-4364/>>. Acesso em: 22 out. 2018

JUNDIAÍ (b). [homepage na internet] **Notícias** [atualizada em 2018 ; acesso em 25 de outubro de 2018] Disponível em: <<https://jundiai.sp.gov.br/noticias/2018/09/24/residuos-da-construcao-civil-sao-utilizados-em-obras-publicas/>>.

KARPINSKI, L. A; PANDOLFO, A; REINEHER, R; GUIMARÃES, J.C.B; PANDOLFO, L.M; KUREK, J. **Os resíduos da indústria da construção civil e Quantificação da geração de resíduos de construção e demolição**. IN: Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil. Porto Alegre: edipucrs, 2009, Cap. 1, p.15-69 ; e Cap 4, p.104-112.

KURESKI, R. **Produto interno bruto, emprego e renda do macrossetor da construção civil paranaense em 2006**. Ambient. constr. (Online) vol.11 no.3 Porto Alegre July/Sept. 2011.

LANGUELL, J. L. **Development of a prototype assessment tool to evaluate the potencial to successfully implement deconstruction as a regional waste reduction strategy**. Ph.D. thesis, Department of Coastal Engineering, University of Florida, 232f. 2001.

LAURITZEN, E. K.; HANSEN, T. **Recycling of construction and demolition waste 1986 – 1995**. Denmark: Ministry of Environment and Energy, 82f. 1997.

LEITE, A., BATALHA, R. M. P. **Resíduos de Construção Civil - Sistema de Gerenciamento Integrado no município de Jundiaí-SP, Brasil**. In: Gestão Sustentável de resíduos sólidos urbanos - transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil. Technische Universität Braunschweig – Alemanha. 2015.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Gestão de Resíduos Sólidos** – Editora Pierson Prentice Hall, 2009.

LINTZ, R. C. C.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; GACHET-BARBOSA, L. A. **Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos**. IBRACON Structures and Materials Journal • 2012 • vol. 5 • nº 2.

LUCERO, V. R. A. **Um olhar sobre a questão dos resíduos da construção civil no Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2008. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MAGAGNIN F., N. **Resíduos da construção civil na cidade de Londrina: análise da política de gerenciamento de resíduos da construção civil adotada pelo município e estudo de caso utilizando uma proposta de reciclagem baseada na técnica de estabilização por solidificação à base de cimento Portland**. São Carlos, 2015. 296 p. Tese (Doutorado). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

MALTA, J. O. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição**, 2012. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – Salvador, 2012.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. - 5. ed. - São Paulo : Atlas 2003.

MATTHEWS, E. **The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies**. 2000. Disponível em: <http://pdf.wri.org/weight_of_nations.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

MELLO, L. S. B. **Reunião com Marcio Krause sobre RCD** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mk@mkgerambiental.com.br> em 22 out. 2018.

MELO, A. B.; GONÇALVES, A. F.; MARTINS, I. M. **Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal)**. Resources, Conservation and Recycling, 55, 1252-1264, 2011.

MESQUITA, L. C., AZEREDO, I. C. A. D., CÂNDIDO, E. S., CATHOUD, G. A. **Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação**. REEC - Revista Eletrônica da Engenharia Civil, volume 10, nº3, 30-40, 2015.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 - 2008**. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre. v.9, n.1, p.57-71. jan/mar. 2009.

MIRANDA, L.F.R.; TORRES, L.; VOGT, V.; BROCARD, F. L. M.; BARTOLI, H.. **Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC , 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MIRANDA, L.F.R. **Operação de usina de reciclagem de entulho. Curso sobre gestão de resíduos da construção civil e operação de usina de reciclagem de entulho**, 13ª edição, São Paulo: Abrecon, 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente [homepage na internet]. **Resíduos sólidos** [atualizada em 2014; acesso em 05 de agosto de 2017]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>>.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2011. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, Brasil, 2011.

MUZZI, F. **Dados de usina de RCC** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marciohkalmeida@hotmail.com> em 04, 05 e 18 set., 03 out. 2018 e 31 jan. 2019.

NAKANO, K. **Cidades Brasileiras - A Produção Social de Vulnerabilidade Urbana**. 2011. Le Monde Diplomatique Brasil. Disponível em: <<http://diplomatique.org.br/a-producao-social-de-vulnerabilidade-urbana/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

PACHECO, T. C. **Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil - comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**. Rio de Janeiro, 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 200p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. (Coord) **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. 196 p.,v. 1, Brasília, DF: Caixa Econômica Federal, 2005. ISBN: 85-86836-04-4.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - **Relatório do desenvolvimento 2013** - Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-200012.html>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

PWC/SELUR/ABLP. **Cartilha Três anos após a regulamentação da PNRS; Seus Gargalos e Superações** - 2014. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/estudo-selur-14.pdf>> Acesso em: 03 mai. 2017.

RIO DE JANEIRO (Cidade). **Empresas licenciadas RCC**. 2019. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6769321/4225702/Listagem_empresas_licenciadas_RCC.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2019.

RIO DE JANEIRO (Cidade) (a). **Tabelas do Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia SCO-RIO. 2017.** Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/cgm/exibeconteudo?id=7220041>>. Acesso em 14 mar. 2018.

RIO DE JANEIRO (Cidade) (b). **Projeto de lei nº 440/2017 - “Estima a receita e fixa a despesa do município de Rio de Janeiro para o exercício de 2018.** 2017. Disponível em: <<http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro1720.nsf/73e8459dbe55a22a832566ec00172e92/d58769d2c61e6fe5832581ad005e5926?OpenDocument&Start=1&Count=100&Expand=1>>. Acesso em: 29 ago. 2018

RIO DE JANEIRO (Cidade) (c). **Rio 450 anos de história.** Disponível em: <<http://prefeitura.rio/ebooks/linhadotempo/seculo16/html5forpc.html?page=0>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

RIO DE JANEIRO (Cidade) (d). **Termo de Cooperação técnica da Comlurb e Natura Ambiental Ltda. 2017.** Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/142532778/dom-rj-normal-06-04-2017-pg-63>>. Acesso em: 20 set. 2018.

RIO DE JANEIRO (Cidade) (e). **Decreto Municipal nº 33.971 de 13/06/2011.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=178267>>. Acesso em 13 nov. 2017.

RIO DE JANEIRO (Cidade). **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos - PMGIRS - da cidade do Rio de Janeiro. 2017- 2020.** 2016. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4177431/D.O._28112016DECRETO42.605_2016PMGIRScompletocomanexos.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017

RIO DE JANEIRO (Estado) – **Lei Estadual nº 7173 de 17/12/2015.** Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/f25edae7e64db53b032564fe005262ef/3b42bb9247cc7e7f83257f1f0050d011?OpenDocument&Highlight=0,7137>>. Acesso em 13 nov. 2017.

RESENDE, L. H. S. **Análise da gestão de Resíduos Sólidos de Construção Civil de Belo Horizonte (MG) a partir da percepção dos atores envolvidos.** 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2016.

RESENDE, L. H. S.; BARROS, R. T. V.; COUTO, R. C. A. ; SANTOS, W. J. . **Panorama da gestão de resíduos de construção civil em Belo Horizonte (MG).** Gestão e valorização de resíduos de construção civil. 1ed. Belo Horizonte: Ed. dos autores, 2017, v. 2, p. 151-202.

SCHTRUK, T; CERQUEIRA, M. **Solicitação de informações sobre usina de beneficiamento da Natura Ambiental na Comlurb.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mk@mkgerambiental.com.br> em 8, 11, 13 e 14 nov. 2018.

SILVA, R. B da; ANGULO, S. C.; PILEGGI, R. G.; SILVA, C. O. **Concretos secos produzidos com agregados reciclados de RCD separados por densidade.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 335-349, out./dez. 2015. ISSN 1678-8621.

SIMIELI, D., MIZUMOTO, C., SEGANTINI, A. A. S., SALLES, F. M. **Utilização de agregados reciclados em pavimentos intertravados.** Exacta , São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-241, jul./dez. 2007.

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil. A experiência do SINDUSCON-SP.** São Paulo: Sinduscon, 2005.

SINICON - Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada [homepage na internet]. **Infraestrutura** [atualizada em 2017]. Disponível em: <http://www.sinicon.org.br/files/SINICON_Impactos_na_Economia_2017.09.25.pdf>. Acesso em 13 de novembro de 2017.

SOUZA, J. P. R. M., **Redefinição estratégica da JKM Transportes.** Monografia (Administração de Empresas), 2017 - Pontifícia Universidade Católica - PUC - Rio.

TESSARO, A. B; SÁ, J. S; SCREMIN, L. B. **Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS.** Ambient. constr. vol.12 no.2 Porto Alegre Apr./June 2012.

TOMAZELLI, I [homepage na Internet]. Brasília: **O Estado de São Paulo** [atualizada em 2017 jan 21]. 89% dos municípios brasileiros devem, em conjunto, R\$ 99,6 bilhões ao INSS; [aproximadamente 3 telas]. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,89-dos-municipios-brasileiros-devem-em-conjunto-r-99-6-bilhoes-ao-inss,70001636874>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

XAVIER, J. C. **Informações da Comlurb** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marciohkalmeida@hotmail.com> em 06 nov. 2018 e 02 e 25 jan. 2019.