GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: VALORIZAÇÃO

VOLUME II

GESTÃO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Viviana Maria Zanta
Raphael Tobias de Vasconcelos Barros
Ronaldo Stefanutti
Luciana Paulo Gomes
Aurélio Pessôa Picanço
(Organizadores)

CASA LEIRIA

Este volume 2 da coletânea sobre valorização de resíduos sólidos (RS) trata dos de construção civil, parcela muito significativa do total de RS gerados em qualquer cidade e sobre a qual ainda restam incógnitas sobre as quantidades realmente produzidas, dada a informalidade. Seus capítulos mostram estudos feitos para entender os fluxos de produção, as quantidades, algumas formas de aproveitá-los como parte da fração de agregados, minimizando os impactos ambientais e os custos das obras.

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: VALORIZAÇÃO

VOLUME II

GESTÃO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Viviana Maria Zanta
Raphael Tobias de Vasconcelos Barros
Ronaldo Stefanutti
Luciana Paulo Gomes
Aurélio Pessôa Picanço
(Organizadores)

Finep 50 anos

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

BRASIL GOVERNO FEDERAL

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CASA LEIRIA
São Leopoldo-RS
2017

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: VALORIZAÇÃO

GESTÃO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
VOLUME II

Publicação: Casa Leiria.

Imagem da capa: Vista da estação de reciclagem de entulho da BR-040 em Belo Horizonte.

Os textos e as imagens são de responsabilidade de seus autores.
E-book publicado com base no material impresso.

Ficha catalográfica

G393 Gestão e valorização de resíduos sólidos da construção civil [recurso eletrônico]. / Organização de Viviana Maria Zanta et al. – São Leopoldo: Casa Leiria, 2017. (Gestão sustentável de resíduos sólidos: valorização, v.2).
Modo de acesso: online.

ISBN 978-85-9509-021-7

1. Gestão de resíduos sólidos da construção civil. 2. Construção civil – Sustentabilidade. I. Zanta, Viviana Maria (Org.). II. Série.

CDU 628

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária: Carla Inês Costa dos Santos – CRB

Todos os direitos reservados.
A reprodução, ainda que parcial, por qualquer meio, das páginas que compõem este livro, para uso não individual, mesmo para fins didáticos, sem autorização escrita dos organizadores, é ilícita e constitui uma contrafação danosa à cultura.

ORGANIZADOR

VIVIANA MARIA ZANTA/ COORDENADORA DA REDE DE PESQUISA TECRESOL /UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA.

Graduada em Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (1985). Mestra em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP (1991) e doutora em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP (1997). Atualmente é Professora Associada do Departamento de Engenharia Ambiental e Docente Permanente do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, ambos da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

CO-ORGANIZADORES INSTITUCIONAIS

RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (1982). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo na Escola de Engenharia de São Carlos (1990) e doutor pelo Institut National des Sciences Apliquées de Lyon França (2003). Desde 1993 é Professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

RONALDO STEFANUTTI/ UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1980). Mestre em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura pela USP (1991) e doutor em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura pela USP (1997). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC. Professor na pós-graduação em Engenharia Civil: saneamento ambiental /DEHA/CT/UFC.

LUCIANA PAULO GOMES/ UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOS SINOS

Graduada em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP (1986). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo/USP (l989) e doutora em Engenharia Civil, pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP (1995). É Professora Titular da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Coordena o Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

AURÉLIO PESSÔA PICANÇO/ UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará (1997). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2000). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2004). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Tocantins. Professor do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental.

PREFÁCIO

A rede cooperativa de pesquisa TECRESOL reuniu pesquisadores de cinco Universidades localizadas em diferentes regiões do País, para investigar o tema Metodologias e Tecnologias para Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos: Ênfase na Redução e Valorização em Ambientes Urbanos.

Considerou-se, que devido à elevada quantidade produzida e por suas características químicas, físicas e biológicas, prioritariamente, os resíduos orgânicos biodegradáveis de origem de origem doméstica, os resíduos da construção civil, classe A, e os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos seriam o foco principal dos estudos realizados por representarem um desafio para a gestão sustentável.

Esses resíduos, se geridos inadequadamente, causam impactos ambientais negativos, prejuízos à saúde ambiental, além de representarem desperdício de recursos de materiais e de energia.

Como forma de promover a reinserção dos resíduos na cadeia produtiva, pesquisas foram conduzidas sobre processos de reciclagem de nutrientes por compostagem, aproveitamento energético por digestão anaeróbia, redução de extração de recursos naturais pela substituição de agregados naturais por reciclados e a recuperação de elementos preciosos presentes em componentes de resíduos de equipamentos eletro eletrônicos.

Esses processos podem ter diferentes escalas, o que permite maior flexibilidade de incorporação em ambientes urbanos tais como condomínios de conjuntos habitacionais, em empreendimentos com elevada geração ou atender a demanda em regiões do meio urbano em municípios.

O maior conhecimento de formas de valorização de resíduos e da qualidade dos produtos obtidos permite identificar limitações e oportunidades para a criação de novos negócios.

Parte dos resultados da rede cooperativa de pesquisa TECRESOL é apresentada na forma de coletânea de artigos compondo três livros. O Livro I aborda a gestão e a valorização de resíduos orgânicos biodegradáveis, o Livro II, a gestão e valorização de resíduos da construção civil e o livro III, a gestão e valorização de resíduos de equipamentos eletro eletrônicos.

Os resultados obtidos pela rede cooperativa de pesquisa e essa publicação só foram possíveis com o apoio financeiro do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações por meio das agências, Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, para os quais expressamos nossos agradecimentos.

Esperamos que a leitura desses de artigos possa induzir novas práticas de gestão, transformando os resíduos em recursos valiosos, beneficiando ambiental, social e economicamente a nossa sociedade.

Desejamos uma boa leitura.

Viviana Maria Zanta

SUMÁRIO

1 DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DA COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL CONSIDERANDO A ORIGEM DOS GERADORES E LOCAIS DE DISPOSIÇÃO (*JUAREZ PEREIRA DA SILVA; EDUARDO QUIRINO; RICARDO RIBEIRO DIAS E AURÉLIO PESSOA PICANÇO)* **9**

2 ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E TINTAS IMOBILIÁRIAS *(FABÍOLA ODETE RODRIGUES, ANTÔNIO EDUARDO BEZERRA CABRAL, RONALDO FERREIRA DO NASCIMENTO, GEÍSA VIEIRA VASCONCELOS MAGALHÃES, RONALDO STEFANUTTI)*..... **19**

3 **CARACTERIZAÇÃO DE RESIDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E AGREGADOS RECICLADOS PRODUZIDOS EM UNIDADE DE RECICLAGEM DE PEQUENO PORTE (***LAÍS CARLOS . BOAVENTURA SANTOS, VIVIANA MARIA ZANTA)*..... **29**

4 **ANALISE DOS REQUISITOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM UMA UNIDADE DE RECICLAGEM DE PEQUENO PORTE** *(LAÍS C. BOAVENTURA SANTOS, LUCIANO MATOS QUEIROZ, VIVIANA MARIA ZANTA)* **44**

5 **SISTEMA DE APOIO À DECISÃO APLICADO AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL- FERRAMENTA GIR@SSOL.** *(MARIA CAROLINA DE PAULA ESTEVAM D'OLIVEIRA, AURÉLIO PESSÔA PICANÇO, VANESSA GUIMARÃES DE CASTRO, EDUARDO QUIRINO PEREIRA, RICARDO RIBEIRO DIAS)* **52**

6 **APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS DE AUXÍLIO AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL – VIGISOL** *(SAMUEL DE PAULA FARIA, AURÉLIO PESSÔA PICANÇO, EDUARDO QUIRINO PEREIRA, RICARDO RIBEIRO DIAS)*..... **68**

7 PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO HORIZONTE (MG) (*LUIZ HENRIQUE SIQUEIRA* RESENDE *(RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS ,WHITE JOSÉ DOS SANTOS, RENATO DE CARLI ALMEIDA COUTO).* **87**

1 DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DA COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL CONSIDERANDO A ORIGEM DOS GERADORES E LOCAIS DE DISPOSIÇÃO (*JUAREZ PEREIRA DA SILVA; EDUARDO QUIRINO; RICARDO RIBEIRO DIAS E AURÉLIO PESSOA PICANÇO)*

RESUMO: Conhecer as características dos resíduos de construção dispostos irregularmente nas cidades é o primeiro passo para se estudar a solução dos problemas de gestão decorrentes desses resíduos. O objetivo do estudo foi efetuar a caracterização e composição dos resíduos de construção dispostos em diversas áreas na cidade de Palmas. O trabalho desenvolveu-se segundo quatro etapas: realização de entrevistas; seleção de áreas de estudo; coletas de amostras; e análises gravimétrica e granulométrica. Os resultados apresentaram um volume de cerca de 8.810,00 m^3 de resíduos gerados por mês, coletados e transportados para áreas de disposição final; a composição gravimétrica média das amostras apresentou 84,57% de aglomerados; a granulométrica, perfil médio de 68,39% de agregados graúdos, 28,59% para amostras de agregados miúdos, e 3,02% de outros resíduos (fundo). É urgente a redução dos impactos do setor de construção civil sobre o meio ambiente. Os ecopontos são boas ferramentas para o gerenciamento de resíduos de construção como entreposto para destinação final, por utilizarem áreas adequadas. As amostras analisadas apresentaram 100% de resíduos classe A, incluindo aí os resíduos de fundo, portanto, todos os resíduos são passíveis de reciclagem ou reaproveitamento.

Palavras-chave: Resíduos de construção civil. Composição gravimétrica. Granulometria.

1.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria da construção civil vem apresentando altos índices de crescimento e trazendo consigo benefícios socioeconômicos, com participação de forma ativa na geração de emprego e renda (COSTA, ATHAYDE; OLIVEIRA, 2014), porém, é notório que a construção civil, assim como qualquer outra atividade humana gera resíduos. Na maioria das grandes cidades a problemática proveniente dos resíduos de construção e demolição vem cada vez mais se agravando, devido ao adensamento populacional crescente, a falta de aterros para disposição final e a deficiência na gestão destes resíduos (CABRAL; MOREIRA, 2011).

Os resíduos oriundos das atividades de construção civil podem causar degradação ao meio ambiente, afetar a qualidade de vida da população e a disponibilidade de recursos naturais, caso não seja gerenciado de maneira correta (PERES, 2012). A cada três casas construída uma é desperdiçada sob a forma de resíduos (INAC, 2011) e cerca de 90% dos resíduos gerados pela construção civil, são passíveis de reaproveitamento e reintegração no ciclo construtivo da construção civil (LIMA, 2011).

No país, implementou-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da lei 12.305, de 2 de setembro de 2010, dando diretrizes para gerenciar e reduzir a geração destes resíduos. Para efeitos do referido dispositivo legal, os resíduos da construção civil (RCC), são "os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis" (BRASIL, 2010).

Em decorrência das especificidades dos RCC, foi instituída a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 307, de 05 de julho de 2002, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a correta gestão dos mesmos (BRASIL, 2002). Esta resolução classifica os RCC em quatro classes conforme segue: classe A - reutilizáveis ou recicláveis como agregados; classe B - recicláveis para outras destinações; classe C – aqueles para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação"; e classe D - perigosos oriundos do processo de construção (BRASIL, 2002).

Os fatores mais significativos para a geração de RCC são: (1) imprecisão na aquisição de materiais, gerando sobras; (2) seleção de materiais com baixa qualidade; (3) erros de projeto e execução; e (4) ineficiência na gestão dos recursos (MAHAMID; ELBADAWI, 2014).

A caracterização dos RCC traz benefícios por subsidiar o planejamento das atividades e avaliar o potencial de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos gerados. É a partir da caracterização que melhorias são realizadas (MOURA, LIMA; ARCHANJO, 2012).

No Tocantins, não se tem conhecimento dos RCC gerados na capital ou nas principais cidades. Em Palmas, o setor da construção civil vem gerando constante transformação na cidade por meio de obras residenciais, comerciais e de infraestrutura. Essas atividades, contribuem para o aumento do consumo de materiais básicos e são, em parte, responsáveis pelo agravamento da problemática, porém verifica-se uma gestão ineficiente sendo realizada pela simples alocação de áreas para destinação e/ou disposição final.

Atento a tais problemas, neste trabalho procurou-se efetuar a caracterização e composição de RCC em Palmas, considerando as fontes geradoras e os locais de disposição, assim como buscar contribuir com a gestão e a proposição de métodos de tratamento, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada.

1.2. MATERIAL E MÉTODO

1.2.1. Localização das Áreas de Estudo

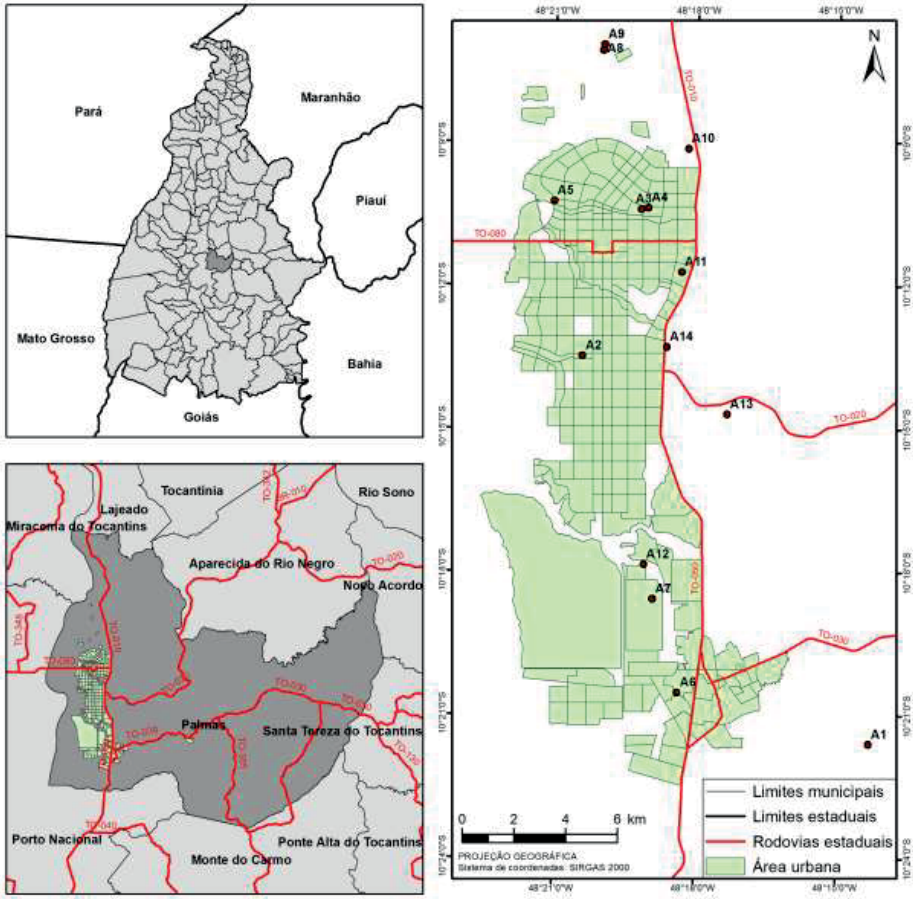
As áreas de estudo referem-se a três pequenas áreas de disposição de RCC localizados dentro da cidade de Palmas, cujo município localiza-se na região central do Tocantins. As tres são a A2, A8 e A14, conforme pode ser observado na **Figura 1**.

A área A2 é um ecoponto utilizado para disposição temporária de RCC, licenciado e administrado pela prefeitura municipal e localizado na Avenida LO-15 entre as quadras 601 Sul e 701 Sul. É decorrente de erosão formada pelo escoamento superficial das águas das chuvas devido à ausência da rede de drenagem pluvial.

A área A8 é caracterizada por ser um aterro de RCC licenciado, sob a administração da ASTETER, instalado em chácara particular ao lado da estrada vicinal do antigo acesso à Miracema do Tocantins, próxima ao bairro Sonho Meu (região norte da cidade).

A área A14 é propriedade particular utilizada para descarte de RCC para aterramento de canal de drenagem de águas de chuva. A área não é licenciada pela prefeitura municipal de Palmas. Ela localiza-se na margem esquerda da TO-010, próximo ao córrego Brejo Cumprido (região central da cidade).

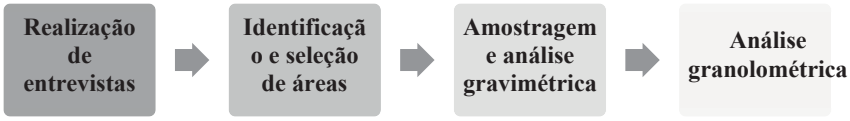
Figura 1. Localização das áreas de disposição com destaque para as áreas estudadas, Palmas–TO.



1.2.2. Procedimento metodológico

O procedimento utilizado contou com quatro etapas, conforme **Figura 2**.

Figura 2. Fluxograma das etapas do método utilizado no estudo para caracterização dos RCC.



A primeira etapa foi a de realização de entrevistas qualitativas de caráter informativo e subjetivo por meio da aplicação de um questionário estruturado (19 questões relacionadas ao sistema de gestão e as características dos RCC). Foram entrevistados representantes da Associação Tocantinense de Transportadoras de Entulhos, Recicláveis e Afins (ASTETER);

de cinco empresas prestadoras de serviços de coleta, transporte e destinação de RCC; e da Diretoria de Licenciamento Ambiental da Fundação Municipal de Meio Ambiente (FMMA) de Palmas.

Na etapa de identificação e seleção de áreas de disposição de RCC na área urbana e periurbana de Palmas, avaliou-se 14 áreas, das quais apenas três foram selecionadas para o estudo com análise da composição gravimétrica e granulométrica (áreas A2, A8 e A14 - Figura 1). Selecionou-se duas áreas licenciadas (A2 e A8), respectivamente sob as gestões da Prefeitura de Palmas e da ASTETER, e uma (A14) com responsabilidade gerencial privada. A intenção era a de verificar ser conforme os responsáveis pela gestão e localização geográfica das áreas, se elas teriam materiais de características e composições diferentes ou similares.

Na terceira etapa foi realizada a amostragem e composição gravimétrica dos RCC presentes nas três áreas selecionadas, constituída por amostras formadas utilizando "amostragem de resíduos sólidos heterogêneos" para as áreas A2 e A8, e "amostragem em montes ou pilhas de resíduos" para a área A14, todas submetidas ao método do quarteamento, conforme os itens 4.2.6, 4.3.1 e 2.8 da NBR 10.007:2004 (ABNT, 2004). A composição gravimétrica foi realizada sobre lona de 30 m², utilizando kit de energia composto por motor gerador monofásico do modelo TG 2500MX da marca TOYAMA *Power Products*, balança eletrônica modelo 2098 marca Toledo, coletor de 250 L (caixa de água de polietileno de formato cilíndrico), carrinho de mão do tipo plataforma de 1,2 m², pá com cabo, enxada com cabo e picareta com cabo. Da amostra formada para a composição gravimétrica foi retirada uma amostra de 9 kg para a avaliação granulométrica dos agregados.

A quarta etapa foi a determinação da granulometria das amostras de agregado, conforme o item 5 e subitens da NBR NM 248:2001 (ABNT, 2001), sendo a análise dos agregados graúdos no Laboratório de Materiais e Estruturas (LME) da Universidade Luterana do Brasil (Campus de Palmas) e a análise dos agregados miúdos realizada no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Para a análise de ambos os agregados foram utilizados peneiras de série normal e intermediária, agitador mecânico próprio para agregados graúdos e miúdos; balança eletrônica de precisão, estufa de secagem com temperatura variando entre 105º e 110 ºC.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento realizado por meio das entrevistas constatou a existência de áreas utilizadas para disposição de resíduos licenciadas e/ou em processo de licenciamento, e identificou-se 11 empresas coletoras e transportadoras de RCC atuando na cidade, sendo dez delas associadas a ASTETER.

Segundo a ASTETER são coletadas cerca de 1.762 caçambas por mês na área urbana de Palmas, representando um volume estimado de 8.810,00 m^3 de resíduos encaminhados a destinação.

O Quadro 1 apresenta a relação de áreas de disposição utilizadas pelas empresas coletoras; a manifestação do conhecimento em relação as áreas clandestinas de disposição na cidade; a manifestação do conhecimento do desenvolvimento de projetos pesquisa e extensão no setor de reciclagem pelos órgãos competentes do sistema municipal de gestão de RCC; e da manifestação de interesse em participar de projetos e/ou do mercado de reciclagem de materiais.

O Quadro 2 apresenta 14 áreas de descarte de RCC, identificadas por meio das entrevistas e pesquisas no município de Palmas e seu entorno. Exibe-se o *status* em processo

de licenciamento, previamente licenciadas, em operação, encerradas e/ou embargadas. Dentre as áreas estão o aterro sanitário municipal, ecopontos e áreas particulares, sob a responsabilidade da prefeitura municipal de Palmas (PMP), ASTETER e proprietários (no caso das áreas particulares).

Quadro 1. **Nível de conscientização das empresas (empresários) coletoras de RCC em Palmas.**

Empresa	Áreas		Projetos	
	Disposição	Clandestinas	De pesquisa	De reciclagem
Empresa 1	Aterro e lotes autorizados	Sim: Quadra 112 S	Desconhece	Não manifestou
Empresa 2	Área da ASTETER	Não	Desconhece	Manifestou
Empresa 3	Área licenciada	Não	Desconhece	Não manifestou
Empresa 4	Área da ASTETER	Não	Desconhece	Não manifestou
Empresa 5	Área da ASTETER	Sim: Norte e Taquaralto	Desconhece	Não manifestou

Quadro 2. Áreas de disposição final de RCC, identificadas por entrevistas e visitas em Palmas.

Área	Tipo	Responsável	Status	Localização
A1	Aterro Sanitário	PMP	Licenciada	Bacia do ribeirão São João
A2	Ecoponto	PMP	Licenciada	Avenida LO-15 entre 601S e 701S
A3	Ecoponto	PMP	Encerrada	Avenida LO-12 com quadra 206 N
A4	Ecoponto	PMP	Encerrada	Avenida LO-12 com quadra 306 N
A5	Ecoponto	PMP	Encerrada	Avenida NS-15 com quadra 307 N
A6	Ecoponto	PMP	Encerrada	Rua Rafael Beles, setor Santa Barbara
A7	Ecoponto	PMP	Encerrada	Área pública municipal 03 esetor Jardim Aureny III
A8	Particular	Chacareiro	Encerrada Terceirizada	Antiga saída de Miracema do Tocantins, norte de Palmas
A9	Particular	Empresa ASTETER	Embargada	Chácara Especial, lote 550, gleba Água Boa, 2º etapa
A10	Particular	Empresa ASTETER	Licenciando	Chácara 383, gleba córrego Jaú, próximo a TO-050
A11	Particular	Empresa ASTETER	Encerrada	TO-050, entre Av. JK e LO-05, quadras 112 S e 212 S
A12	Particular	Empresa ASTETER	Licenciada	Chácara 18, setor Irmã Dulce, próximo a ETE IV
A13	Particular	Empresa ASTETER	Licenciada	Saída de Aparecida do Rio Negro
A14	Particular	Empresa ASTETER	Licenciada	TO-010, atrás do SEST/SENAT

Após identificar e caracterizar as áreas de disposição de RCC utilizadas na cidade, verificou-se a existência de áreas de disposição utilizadas sem critérios econômicos, sociais e/ou ambientais adequados. Segundo Paschoalin *et al.* (2014), uma considerável parte dos resíduos de pequenas obras é depositada em áreas irregulares, e mesmo as grandes obras que, de maneira geral, promovem a destinação correta dos resíduos, também encontram dificuldades para encontrar áreas adequadas e licenciadas para destinação de seus resíduos. Os RCC são volumosos, pesados e inadequados para incineração ou compostagem, o crescimento da população das cidades diminui as áreas disponíveis para disposição de resíduos, portanto, reciclagem e reutilização são estratégias importantes para a gestão deste tipo de resíduos (PATEL *et al.*, 2014).

A Figura 3 apresenta a fitofisionomia e a caracterização dos pontos de coletas e processo de quarteamento dos resíduos para a realização da análise gravimétrica.

A análise da composição gravimétrica foi realizada de acordo com a metodologia proposta para as três áreas estudadas e está descrita na Tabela 1, juntamente com a média e o desvio padrão. Nota-se na tabela, que os aglomerados aparecem com maior destaque na Área

A2, com 84,57% da amostra, contra 64,24% e 54,04%, respectivamente das áreas A8 e A14. Por essa tabela, percebe-se que os demais materiais, representam 15,43% da amostra A2, 35,76% da A8 e 45.96% da A14. Todavia, o concreto tem maior ocorrência na Área 14 (29,97% da amostra), seguido da A8 com 20,62%. Na Área A2, o concreto representa apenas 9,74% da amostra.

Os resíduos da classe A representam 100% da amostra na composição gravimétrica de Palmas, perfil muito parecido com o de outras cidades brasileiras, como por exemplo Fortaleza-CE, que atinge 93,40% (LIMA; CABRAL, 2013). Já os materiais, plástico, madeira, papelão, vidro e metais, apresentam percentuais que variam de 0 a 3,0% do total, em ambas as cidades.

Figura 3. Áreas de disposição de RCC controladas pela prefeitura de Palmas. A = RCC Área A2; B = RCC Área A8; C; D = RCC Área A14.

Tabela 1. Análise da composição gravimétrica dos RCC para as áreas estudas em Palmas. Resíduos Classe A.

Materiais	A2 (%)	A8 (%)	A14 (%)	Média (%)	Desvio Padrão
Alumínio	0,03	0,00	0,00	0,01	0,07
Cerâmica	0,98	1,56	9,25	3,93	10,97
Concreto	9,74	20,62	29,97	20,11	34,76
Ferro	0,23	0,77	0,14	0,38	2,02
Gesso	1,20	1,79	2,65	1,88	2,31
Isopor	0,01	0,77	0,04	0,27	2,33
Madeira	2,45	1,43	1,18	1,69	2,97
Massa corrida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papel	0,05	0,91	1,07	0,68	2,14
Rochas ornamentais	0,00	5,59	0,86	2,15	16,67
Plástico	0,74	0,91	0,36	0,67	1,77
Rocha	0,00	1,41	0,44	0,62	4,03
Aglomerados	84,57	64,24	54,03	67,61	104,80
TOTAL	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**-**

A análise granulométrica para os agregados graúdos (aqueles que passaram pela peneira de abertura de 75 mm e ficaram retidos na peneira de abertura de 4,8 mm) foi

realizada conforme NBR 7.211:2009 (ABNT, 2009) e está descrita na **Tabela 2**. Pela tabela, percebe-se que os agregados graúdos são mais expressivos na área A2 (82,44%) quando comparados as áreas A8 (52,46%) e A14 (70,28%). Também é interessante notar que os agregados maiores que 25 mm estão em maior quantidade na área A2 (61,20%) que nas outras duas áreas, A8 (21,26%) e A14 (39,76%). Por outro lado, percebe-se que os agregados iguais ou menores que 25 mm estão em relevância nas áreas A8 (31,20%) e A14 (30,52%), contra apenas 21,24% na A2.

Após o peneiramento dos agregados graúdos houve uma sobra de agregados miúdos e material de fundo, os quais foram utilizados para nova análise granulométrica. A análise granulométrica para os agregados miúdos (aqueles que passaram pela peneira de abertura de 4,8 mm e ficaram retidos na peneira de abertura de 1,5 mm) foi realizada conforme NBR 7.211:2009 (ABNT, 2009) e está descrita na **Tabela 3**. Observa-se na tabela que a classe granulométrica maior ou igual a 4,75 mm é inexistente nas áreas A2, A8 e A14. Nas áreas A2, A8 e A14, a classe granulométrica de maior expressão é a de 0,3 – 0,6 mm.

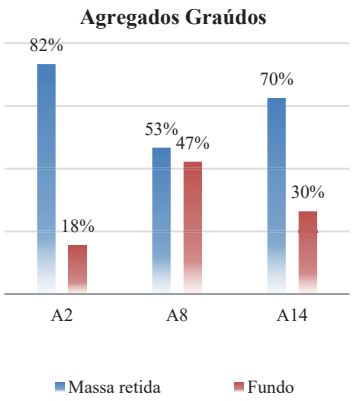
Tabela 2. Distribuição granulométrica das amostras dos agregados graúdos em Palmas. Resíduos Classe A.

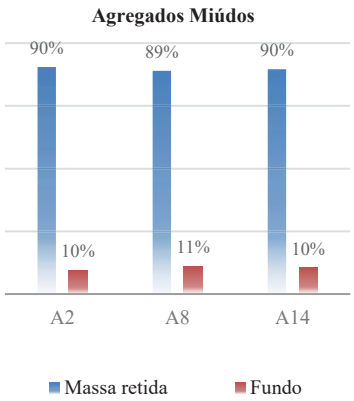
Peneira	Massa Retida – Agregados graúdos (%)		
	A2	A8	A14
75 mm	27,01	5,0	14,55
63 mm	11,47	6,03	7,60
50 mm	11,50	1,31	9,51
37,5 mm	7,11	5,23	4,38
31,5 mm	4,11	3,69	3,72
25 mm	5,6	3,69	5,7
19 mm	4,27	5,93	5,43
12,5 mm	5,43	7,49	7,37
9,5 mm	2,48	4,39	3,57
6,3 mm	2,35	6,14	4,75
4,75 mm	1,11	3,56	3,70
Total Graúdos	**82,44**	**52,46**	**70,28**
Total Agregados miúdos + Fundo	**17,56**	**47,54**	**29,72**

Tabela 3. Distribuição granulométrica das amostras de agregados miúdos em Palmas.

Peneira	Massa Retida - Agregados miúdos (%)		
	A2	A8	A14
4,75 mm	0,00	0,00	0,00
2,36 mm	15,23	15,11	14,52
1,18 mm	9,22	8,93	8,92
0,6 mm	13,38	13,62	13,74
0,3 mm	37,21	35,15	35,65
0,15 mm	15,43	16,16	16,76
Total Miúdos	90,47	88,97	89,59
Total Fundo	**9,53**	**11,03**	**10,41**
TOTAL GERAL MIÚDO DA AMOSTRA	**15,89**	**43,01**	**26,89**
TOTAL GERAL DE RESÍDUOS (Fundo) DA AMOSTRA	**1,67**	**4,53**	**2,83**

A **Figura 4** apresenta a quantidade em porcentagem do material considerado graúdo e miúdo com seus respectivos fundos para as amostras analisadas.





Para a massa retida acumulada foi determinado o módulo de finura dos agregados graúdos somando-se as porcentagens dos valores das peneiras da série normal, e dividindo o somatório por 100. Assim obteve-se módulos de finura igual a 3,17 (área A2), 1,49 (área A8) e 2,16 para a área A14 (ABNT, 2009).

Para os agregados miúdos, os módulos de finura determinados foram de 2,43 (área A2), 2,87 (área A8) e 2,38 (área A14), assim sendo, as amostras apresentaram agregados na zona ótima de classificação segundo a NBR 7211:2009 (ABNT, 2009).

A dimensão (diâmetro) máxima característica do agregado das amostras foi definida como a malha da peneira, na qual ficou retido o percentual acumulado igual o imediatamente inferior a 5,0 mm, conforme ABNT (2004). O diâmetro máximo dos agregados é requisito útil para verificação da granulometria a ser incorporada em concretos de elementos estruturais com dimensões especificadas em normas técnicas.

A aplicação de agregados reciclados de RCC em concretos estruturais requer um controle no momento de dosagem e estudos aprofundados em relação à durabilidade desse material (RODRIGUES; FUCALE, 2014).

A dimensão máxima característica calculada para as amostras das três áreas analisadas foi o mesmo, 4,75 mm, atendendo, portanto, o requisito de dimensão máxima ≤ 63 mm para pavimentação, conforme NBR (ABNT, 2004) podendo ser usado também no preparo de concreto sem função estrutural.

CONCLUSÕES

A forma de organização e os métodos de trabalho corroboraram para o alcance dos objetivos dos estudos realizados em três áreas selecionadas em Palmas, para a disposição final de RCC. Os métodos são de fácil aplicação, de resultados simples e rápidos, e passíveis de repetição em quaisquer tamanhos de depósitos de RCC.

Pelos métodos conseguiu-se caracterizar os materiais em termos de composição, ficando notório que prevalecem no RCC de Palmas, os aglomerados em detrimento a outros tipos, tais como, metais, vidros, plásticos, rochas e concreto. Isto demonstra a falta de triagem de materiais nas três áreas estudadas (licenciadas ou não), demandando medidas mais eficazes de gestão do RCC pelo setor público municipal. A utilização de ecopontos apresentava-se como uma boa estratégia para facilitar o gerenciamento de RCC para destinação temporária dos resíduos. Eles desempenhavam um papel de diminuição dos lançamentos irregulares.

Como é grande o volume de geração de RCC em Palmas, considera-se que os resíduos tanto aglomerados, quanto agregados graúdos e miúdos podem favorecer a instalação de indústrias de reciclagem desses materiais, sobretudo para uso em pavimentação, fabricação de tijolos, em concretos de elementos estruturais e, até mesmo, na preparação de concretos sem função estrutural.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.116.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7.211.** Agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248.** Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 03 de agosto de 2012.

BRASIL. Resolução do CONAMA nº 307, de 05 julho de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2002.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. D. V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Sindicato da Construção-CE. Fortaleza, CE, 2011.

COSTA, R. V. G. DA; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. DE. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v 14, n. 1, p. 127-137, jan/mar. 2014.

FREITA, C. L. V. *et al*. Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD): Um Estudo de Caso na Usina de Beneficiamento de Resíduos de Petrolina-PE. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. São Paulo, v. 10, n. 1, p. 93-109, jan./abr. 2016. ISSN: 1981-982X. DOI: 10.5773/rgsa.v10i1.1121.

HISCHIER, R.; CLASSEN, M.; LEHMANN, M.; SCHARNHORST, W. (2007). Life Cycle Inventories of Electric and Electronic Equipment: Production, Use and Disposal. Ecoinvent report nº 18. *EMPA Technology and Society Lab*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Duebendorf, Suíça. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007.** Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO NOVA ÁGORA DE CIDADANIA (INAC). **Educação Ambiental: por um ambiente sustentável – a responsabilidade de todos**. Centro de Referência de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Osasco, SP, 2011.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e Classificação dos Resíduos de Construção Civil da Cidade de Fortaleza (CE). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Fortaleza, CE, v. 18, n. 02, p. 169-176, abr/jun 2013.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Curitiba: Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia do Estado do Paraná, 2011. 31 p.

MAHAMID, I.; ELBADAWI, I. A. Q. Construction Material Waste: Recognition and Analysis**. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**. Arabia, September 20, 2014.

MOURA, A. A. D.; LIMA, W. S. D.; ARCHANJO, C. D. R. Análise da Composição Gravimétrica de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de caso - município de Itaúna-MG. **SynThesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, MG, v. 03, p. 04-16, abril de 2012.

NETO, J. D. C. M.; SHALCH, V. Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição: um estudo da situação do município de São Carlos. Revista de Engenharia Civil, São Paulo, n. 36, p. 41 - 51, 2010.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DIAS, A. J. G.; CORTES, P. L. Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 29, p. 155-169, abr. de 2014.

PATEL, S.; PANSURIA, A.; SHAH, V.; PATEL, S. Construction and Demolition Waste Recycling.**International Journal for Innovative Research in Science & Technology**, v. 1, issue 7, december, 2014.

PERES, Z. M. D. L. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo: Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, 2012.

PUCCI, R. B. Atendendo Logística de Resíduos da Construção Civil à Resolução do CONAMA nº 307. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan/mar. 2014.

2 ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E TINTAS IMOBILIÁRIAS *(FABÍOLA ODETE RODRIGUES, ANTÔNIO EDUARDO BEZERRA CABRAL, RONALDO FERREIRA DO NASCIMENTO, GEÍSA VIEIRA VASCONCELOS MAGALHÃES, RONALDO STEFANUTTI)*

RESUMO: Os resíduos sólidos gerados em demolições, edificações, reformas, terraplenagem, obras de pavimentação, etc., definidos por normas e legislações como Resíduos da Construção Civil, também conhecidos como Resíduos da Construção Civil (RCC) são comumente chamados de entulho. Esses materiais possuem grande heterogeneidade em sua composição, devido à variabilidade dos processos construtivos e de demolições. No Brasil, os resíduos de construção civil são responsáveis por uma representativa porcentagem de resíduos sólidos gerados em áreas urbanas (Resolução CONAMA 307/02), se seu gerenciamento for inadequado pode vir a gerar problemas de deterioração da qualidade ambiental urbana, contaminação de solos e aquíferos. A NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica o RCD como de classe IIB- inertes. Entretanto alguns estudos mostraram a contaminação de resíduos da construção civil por metais pesados. Trabalhos como de Oliveira (2002) constatou que o resíduo de concreto não constitui um material inerte sob a ação de chuva ácida que ocorre em regiões urbanas e/ou industrializadas. Os resíduos de concreto, independentemente da origem e da constituição mineralógica, se comportam de maneira análoga quando submetidos ao ataque de chuva ácida, são resíduos "não inertes", mineralizam as águas, alteram os solos e devem pertencer à Classe II A da NBR 10004 da ABNT. Lima (2009) detectou concentrações de metais pesados em resíduos de construção na cidade de Fortaleza e alguns parâmetros foram superiores aos indicados na norma. O trabalho mostrou principalmente que o chumbo foi encontrado nesses resíduos. Uma forma de contaminação por chumbo poderia ocorrer pela alta presença de chumbo em tintas de parede até o ano de 2008 quando após um decreto as empresas foram obrigadas a diminuir o teor de chumbo para 0,06%. No entanto outros metais não possuem ainda legislação no Brasil e pouco se tem discutido sobre o assunto. A intoxicação por esses elementos ocasiona vários sintomas e quadro clínico específico. Os materiais utilizados neste estudo foram: concreto, argamassa, bloco cerâmico, tijolo branco, telha cerâmica. O chumbo, cromo e cádmio foram detectados acima do limite permitido no ensaio de solubilização. No caso do tijolo branco só foi conseguido a eliminação de metal na forma de pó, possuindo teor de manganês acima do limite permitido. Nos demais materiais de construção não foi detectado a presença no ensaio.

Palavras-chave: Construção civil.etais pesados. Resíduos.

2.1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção e demolição provocam grandes impactos negativos quando são submetidos a uma destinação final inadequada. A cidade de Fortaleza apresenta uma grande geração de RCC, os quais precisam ser adequadamente gerenciados sob pena de provocarem impactos ambientais (Mayorga *et al.,* 2009). O resíduo de construção e demolição representa um grave problema nos centros urbanos, principalmente pela falta de espaço para a destinação final adequada desses resíduos. É comum em cidades brasileiras a existência de áreas irregulares utilizadas como depósito de resíduos de construção. O descarte ocorre,

geralmente, em terrenos baldios, margens de pequenos cursos d'água, ao longo de vias públicas (Latterza e Machado, 2003).

Uma prática muito comum é utilizar os resíduos de construção e demolição para aterrar áreas sem acompanhamento técnico para futuras construções, esta prática pode contaminar o solo e o meio ambiente, além de em alguns casos inviabilizar as construções (Ramos, 2007).

A reciclagem de resíduos que hoje é muito sugerida também pode causar impactos negativos ao meio ambiente. O tipo de resíduo bem como a utilização do material reciclado, podem causar tanto impacto quanto o resíduo não reciclado. A reciclagem só deveria existir caso os resíduos de construção civil não apresentem contaminantes nocivos ao meio ambiente e os materiais produzidos a partir do RCD reciclado possuam viabilidade técnica e econômica (Piozevan Jr.2007).

Oliveira (2002) constatou que o resíduo de concreto não é um material inerte sob a ação de chuva ácida que ocorre em regiões urbanas e/ou industrializadas. Os resíduos de concreto, independentemente da origem e da constituição mineralógica, se comportam de maneira análoga quando submetidos ao ataque de chuva ácida, são resíduos "não inertes", mineralizam as águas, alteram os solos e devem pertencer à Classe II A da NBR 10004 da ABNT.

Lima (2009) detectou concentrações de metais pesados e compostos fenólicos em resíduo de construção na cidade de Fortaleza e alguns parâmetros foram superiores às indicadas na norma, como Alumínio, Fenol e Selênio.

O extrato solubilizado apresentou parâmetros como alumínio (Al), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr) e sulfato ($SO4^{2-}$) acima dos limites máximos permitidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004). A presença excessiva de sulfato se deve provavelmente ao intenso uso de gesso nas edificações. As análises de toxicidade mostraram que o resíduo de Fortaleza não é tóxico, porém não é inerte, ou seja, deve-se classificá-lo como Classe II-A – Não perigoso e não inerte, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004). Rodrigues (2013) verificou a ausência de metais pesados na maioria dos materiais de construção da cidade de Fortaleza.

Baseado nos resultados citados acima se pensou nas possíveis contaminações de metais pesados, principalmente chumbo, serem de tintas imobiliárias. Segundo o artigo 1º da lei 11.762, de 01/08/08, publicada no Diário Oficial da União, de 04/08/08, fica proibida a fabricação, comercialização, distribuição e importação dos produtos com concentração igual ou superior a 0,06% (seis centésimos por cento) de chumbo, em peso, expresso como chumbo metálico, determinado em base seca ou conteúdo total não-volátil. Pimenta e Vital (1994) detectaram chumbo nos cabelos de pintores profissionais, isso devido ao alto teor de chumbo presente nas tintas. Até o ano de 2008 ocorreram muitas contaminações de trabalhadores com chumbo, mas seria esse valor de 0,06% um teor seguro?

O grupo dos metais pesados compreende 40 elementos químicos com características toxicológicas e efeitos específicos para cada um deles. A ordem de toxicidade admitida atualmente é: Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Co. A intoxicação por cada um ocasiona vários sintomas e quadro clínico específico. O alumínio, o cádmio, o manganês e o ferro possuem grande mobilidade no solo, o cobre e o níquel mobilidade média, o cobalto e o chumbo possuem baixa mobilidade. As raízes e folhas das plantas têm a propriedade de absorver

metais, a deposição de metais pesados no solo através de irrigação de água contaminada representa risco de esterilização (Cunha e Guerra, 2010).

Nos Estados Unidos a pintura contendo chumbo vendidos nos Estados Unidos entre 1884 e 1978 é a principal fonte de ingestão de chumbo em crianças jovens norte-americanos (23 , 24) . Embora a quantidade de chumbo na pintura permitida foi reduzido por lei federal em 1971, 80% das casas norte-americanas foram construídas antes de 1950 , o que significa que 23 milhões de unidades ainda conter tinta com chumbo (5). Em 2002 , foi relatado que 65% das 38 milhões de unidades habitacionais nos Estados Unidos tinha tinta à base de chumbo podendo causar contaminação principalmente em crianças.

A agência norte americana de proteção ao meio ambiente (environmental protection Agency) e a comissão para segurança de bens de consumos (US Consumer Product Safety Comission) estabeleceram o limite máximo de chumbo em tintas (< 0,06%) (Olympio *et al.* 2009).

No Brasil apesar do limite também ser de 0,06% pouco se sabe sobre o descarte desse material bem como sua quantidade na construção civil, dentro das embalagens. Tudo depende da gestão das várias obras civis espalhadas pelo país, das condições de manuseio pelos trabalhadores, dos erros de cálculo de rendimento e compras, ou mesmo de tintas que perderam a validade por atraso da obra ou que se deterioraram por armazenamento errado ou outros motivos diversos, antes de ser usadas. Não se sabe o impacto causado caso esse material, bem como qualquer outro RCD, entre em contato com o meio aquático, bem com o solo.

2.2 MATERIAL E MÉTODO

Para análise de metais pesados serão utilizados métodos espectroscópicos atômicos onde são análises empregadas na determinação qualitativa e quantitativa de mais de 70 elementos. Podem detectar quantidades de ppm e ppb e em alguns casos, concentrações ainda menores. São rápidos, convenientes e geralmente seletivos (SKOOG, 2006).

2.2.1 Materiais

Foram coletadas amostras de materiais de construção na região de Fortaleza, com cerca de 90 kg de cada amostra. Parte dos materiais foram adquiridas em lojas de materiais de construção, parte foi coletada diretamente em obras de construção, em empresas que utilizam grande quantidade de concreto e na Fundação Núcleo de Tecnologia do Ceará (NUTEC) que os recebe materiais de várias empresas para realizar ensaios físicos. Os materiais foram analisados individualmente conforme a classificação da resolução 307 do CONAMA (2002), conforme segue:

<u>Classe A</u>

- Bloco cerâmico vermelho (tijolo vermelho)
- Tijolo branco
- Concreto cimenticio I - Os corpos de prova foram cedidos pela empresa CTZ do ramo eólico. Foram coletados 65 corpos de prova com a composição por $1m^3$ em 421 kg de cimento, 42kg de sílica ativa, 84kg de fíler, 721 kg de areia, 797 kg de brita. 211 kg de água, 6,74kg de aditivo Glenium 160 SCC.

- Concreto cimentício II - O concreto denominado II foi coletado do NUTEC que recebe materiais de várias empresas para realizar ensaios físicos. (Os corpos de prova foram rompidos e cedidos para esta pesquisa, por isso não se possui sua composição).
- Telha cerâmica: Foi adquirida em depósitos da cidade e todas são oriundas de Russas.
- Argamassa: Foi coletada em canteiro de obras e a mesma é utilizada em reboco interno 1:1,5:2 (1 saco cimento 50kg, areia fina, areia grossa peneirada 5mm), padiolas com 90L.

2.2.2 Tintas

Foram utilizadas as marcas mais vendidas no comércio local entre elas Hidracor, Hidrotintas, Coral, Suvinil. Utilizou a tinta látex, acrílica, textura e a tinta em pó. A cor utilizada foi branco, vermelho, azul e amarelo por serem cores primárias e algumas outras colorações na tinta em pó, por serem as mais vendidas. Cada tinta recebeu um código para melhor identificação durante os ensaios. Todos foram feitos em triplicata. A metodologia utilizada foi a ASTM D3335-85ª (2009) e foi utilizado para a determinação de Pb, Co e Cd em tintas. O valor permitido de metais nas tintas só cita o elemento chumbo (Pb) que precisa ser inferior a 0,06%.

2.2.3 Absorção Atômica

O equipamento utilizado para a análise de metais foi o AA240FS da Varian no Laboratório de Química Analítica no departamento de Química da UFC.

2.2.4 Determinação de Metais

Para a determinação dos metais pesados nas amostras realizou-se os ensaios dos limites de detecção do equipamento. A Tabela 1 mostra os resultados dos limites do equipamento e indicam que a metodologia é adequada para a realização da avaliação na maioria dos elementos. Os valores do limite precisam ser menores dos que os valores procurados no ensaio.

Tabela 1 – Limite de detecção do equipamento de absorção atômica utilizado.

Limite	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Pb**	**Fe**	**Mn**	**Cr**
mg/L	0,1327	0,120	0,0057	0,1339	0,0504	0,1746	0,0908

Os valores da Tabela 2 encontram-se na NBR-2004 referente aos limites permitidos nos ensaios de solubilização.

Tabela 2 – Limite máximo permitido no ensaio de solubilização para metais pesados em resíduos Classe II B.

Limite	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Pb**	**Fe**	**Mn**	**Cr**
mg/L	2,0	5,0	0,005	0,01	0,3	0,1	0,05

3.2.5 Ecotoxicidade

Para os ensaios de Ecotoxicidade foi utilizado o organismo Daphnia *magna* que é um microcrustáceo planctônico de água doce e mede de 5 a 6 mm de comprimento. É encontrado em lagos, represas, rios e planícies inundadas. Sua população é composta basicamente de fêmeas, uma vez que sua reprodução é assexuada por partenogênese, em condições ambientais favoráveis, originando somente fêmeas (Knie e Lopes, 2004).

Este organismo é mencionado pela ABNT para ser usado em análise de toxicidade aguda de efluentes líquidos, apresentando um papel importante na comunidade zooplanctônica, pois compõem um elo entre os níveis trófico inferiores e superiores da cadeia alimentar de um ecossistema (Azevedo e Chasin, 2003).

A metodologia utilizada foi ABNT NBR 12713(2004) e ela esclarece que indivíduos jovens (6 a 24 horas de idade) deste crustáceo devem ser expostos às amostras por um período de 4 a 48 horas, determinando–se a Concentração Efetiva Média (CE 50) e a Concentração Letal Média (CL 50), verificada de acordo com a imobilidade ou mortalidade de 50% dos indivíduos expostos. Essa resposta é a mais significativa para ser extrapolada a uma população (Gherardi-Golgstein *et al.,* 1990). Os organismos-teste foram mantidos no Laboratório de Saneamento da UFC em meio de cultura segundo a norma citada.

Os ensaios foram feitos com soluções dos 3 metais: Chumbo, Cádmio e Cobalto nas concentrações de: 4,0; 3,0, 2,0; 1,0; 0,5, 0,025; 0,010 e 0,005 mg/L. Os ensaios foram realizados por 24 e 48h. Os valores utilizados foram após a quantificação dos metais nas tintas. Na Tabela 3 encontram-se os volumes e concentrações utilizadas.

Tabela 3- Volumes e concentrações utilizados no teste de Ecotoxicidade.

Concentração %	Vmeio (mL)	Vamostra (mL)	Vorganismo (mL)
20	18	5	2
40	13	10	2
60	8	15	2
80	3	20	2
100	0	23	2
Controle	23	0	2

O número de organismos utilizado para cada concentração foi de 7 em 2mL de meio, os ensaios foram feitos em triplicata dando um total de 21 organismos por concentração. Os testes foram realizados com 24 e 48h, o cultivo foi realizado em incubadora a 19ºC mergulhados em meio de cultivo

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 mostra os resultados das análises de metais no ensaio de solubilização, o concreto I, utilizado em 9,5mm e em pó, após passar pelo moinho de bolas. Os resultados mostram que não foi detectada a presença de metais em valores acima do permitido pela Norma. Já no concreto II observa-se a presença de Pb, Cd e Cr em concentrações bastante elevadas. A origem dos corpos de prova é desconhecida. Os demais materiais encontram-se de acordo com a legislação, exceto no bloco cerâmico vermelho na forma de pó que o teor de ferro está no limite, bem como o tijolo branco em pó possui apenas o teor de Manganês elevado.

Tabela 4– Valores dos metais no ensaio de solubilização.

Material	Cu mg/L	Zn mg/L	Cd mg/L	Pb mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cr total mg/L
Concreto I 9,5mm	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Concreto I Pó	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Concreto II 9,5mm	nd	nd	**0,013**	**0,170**	nd	nd	**0,210**
Telha 9,5mm	nd	nd	nd	nd	0,08	nd	nd
Tijolo vermelho 9,5mm	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tijolo vermelho pó	nd	nd	nd	nd	**3,00**	nd	nd
Tijolo branco 9,5mm	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tijolo Branco Pó	nd	nd	nd	nd	nd	**0,150**	nd
Argamassa	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Os resultados mostraram que a contaminação por metais pesados é pouco significativa para a maioria dos materiais. Os metais Cr e Pb só foram encontrados no concreto II, material este utilizado na pesquisa oriundo de empresas de concreto que enviaram os corpos de prova para ensaios físicos no Nutec. Como não foi encontrado nenhum metal pesado na argamassa sugere-se a hipótese que a presença desses metais no concreto seja decorrente da adição de aditivos que possuam esses metais na sua composição.

As informações adicionais acerca de que tipo de aditivos foram aplicados ainda é desconhecida até o momento da pesquisa. Oliveira (2002) constatou que o resíduo de concreto não constitui um material inerte sob a ação de chuva ácida que ocorre em regiões urbanas e/ou industrializadas. Para o caso do tijolo vermelho na forma de pó, este possui um elevado teor de Fe bem acima do permitido fato não acontecido em granulometria maior. O tijolo branco na forma de pós possui Mn acima do permitido. Na Tabela 5 são mostrados os códigos recebido pelas tintas e o teor encontrado de Pb, Cd e Co em cada uma.

Tabela 5- Resultado da análise de metais Pb, Cd e Co nas tintas.

Letra	Tintas	Pb %	Cd %	Co %
AHB	Tinta Acrílica Exterior e Interior Semi-brilho. Branco neve. Hidrotintas	-	-	-
BCB	Tinta Acrílica Exterior e Interior Semi-brilho. Branco neve. Coral Premium	-	-	-
CCB	Tinta Acrílica Exterior e Interior Standard. Branco neve. Coral	0,0006	-	-
DSB	Texturato Premium com Brilho Exterior e Interior. Hidrorrepelente. Branco Neve. Suvinil	0,003	0,0005	0,002
ECB	Texturato Acrílica. Exterior e Interior. Hidrorrepelente. Branco Neve. Coral.	0,007	0,025	0,002
FSB	Tinta Acrílica Premium. Exterior e Interior Semi-brilho. Branco neve. Suvinil	-	-	-
GSB	Tinta Látex Premium Exterior e Interior. Branco neve. Suvinil.	-	-	-
HHB	Tinta Látex acrílica. Interior. Branco Gelo. Hidrotintas.	0,0015	-	-
IHB	Textura Acrílica. Hidrorrepelente. Exterior e Interior. Cor branco gelo. Hidrotintas	0,0022	-	0,003
JHP	Latex acrílica. Interno. Cor pessêgo. Hidrotintas	-	-	$7x\ 10^{-4}$
KHR	Acrílico profissional. Cor rosa. Interior. Hidralatex.	-	-	-
LHV	Tinta em pó cor violeta. Hidracor.	0,003	0,0001	0,002
MFV	Tinta acrílicacor vermelho Fortfix.	$4,8x10^{-4}$	-	-
NHA	Tinta em pó cor azul pavão. Hidracor.	-	-	-
OHA	Tinta em pó cor amarelo. Hidracor.	0,006	-	-
PHV	Tinta acrílica Interior e exterior. Cor verde esperanza. Hidrotintas.	0,001	-	0,0002
QHV	Tinta látex acrílica. Interior exterior. Renovar. Cor violeta. Hidrotintas.	-	-	-
RPP	Tinta R: Latex acrílica. Interno. Hidracor. Cor Pêssego	-	-	-
SPC	Tinta em pó aditivada. Cor cerâmica Hidracor.	0,009	-	0,005
TPV	Tinta em pó cor verde. Hidracor.	0,0024	$1,24\ x10^{-4}$	-

A Tabela 6 mostra a concentração encontrada, em mg/L, dos metais encontrados nas tintas imobiliárias.

Tabela 6- Concentração dos metais em mg/L presente nas tintas analisadas.

Tinta	Concentração mg/L		
	Cd	Pb	Co
AHB	-	-	-
BCB	-	0,66	-
CCB	-	0,25	-
DSB	0,05	1,42	-
ECB	0,03	1,30	0,020
FSB	-	-	-
GSB	-	-	-
HHB	-	0,90	-
IHB	0,04	2,60	-
JHP	-	-	-
KHR	-	-	
LHV	0,08	1,65	0,003
MFV	-	-	-
NHA	0,05	-	-
OHA	0,05	2,2	0,002
PHV	-	1,5	-
QHV	-	-	-
RPP	-	-	-
SPC	0,04	3,1	0,005
TPV	1,80	0,8	-

Observou-se que todas as tintas encontram-se abaixo do limite permitido para o chumbo que é de 0,06%, porém o teor encontrado foi de até 2,6mg/L.O teor máximo encontrado para o Cd foi de 1,8mg/L, para o Co foi de 0,02mg/L, no Brasil a legislação não cita o teor de Co nem de Cd permitidos em tintas imobiliárias.

O Co é um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, o que possibilita sua entrada na cadeia alimentar, podendo chegar ao homem. Sua ingestão provoca disfunção renal, hipertensão, arterosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer.

A contaminação por metais pesados pode ocorrer por diversas formas e uma delas é através do uso de tintas com elevados teores desses metais. Seria interessante pensarmos a respeito dos teores de Cd e Co presentes nas tintas visto que elas são também tóxicas e podem ser encontradas em vários teores e em diversas marcas no mercado.

Tabela 7- Ensaio de toxicidade com *Dapnhia magna* .

Concentração ppm	Pb
4,00	100% mortes
3,0	100% mortes
2,0	100% mortes
1,0	100% mortes
0,5	100% mortes
0,025	100% mortes
0,01	100% mortes
0,005	100% mortes
0,010	100% mortes
0,025	100% mortes

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que as tintas analisadas atendem a legislação, entretanto se essas mesmas tintas entrarem em contato com o meio aquático causará um impacto ambiental elevado pois a maior concentração de chumbo encontrada foi de 2,2 mg/L sendo que 0,005 mg/L já possui alta toxicidade para os organismos aquáticos.

Devido a alta toxicidade não foi possível a utilização do programa *Trimmed* para encontrarmos a CE 50 nem a CL 50 já que todos os indivíduos morreram durante o ensaio.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006: Solubilização de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A.M. (2003) As bases toxicológicas da ecotoxicologia. São Carlos: Rima, 340p.

BATISTA FILHO,J. (2001) O pH e a corrosão do concreto armado**.** Revista Recuperar. Minas Gerais, 20p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T.(2010) Avaliação e perícia ambiental. 11ª edição Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 286p.

GHERARDI-GOLDSTEIN, E.; BERTOLETTI,E.; ZAGATTO,P.A.; ARAUJO,R.P.A. & RAMOS, M.L.L.C. (1990) Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos. São Paulo. CETESB: Série manuais. v.6, 17pp.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. (2004) Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: Fátima, 288 p.

LATTERZA, L. M. & MACHADO JR., E. F. (2003) Concreto com Agregado Graúdo Reciclado: Propriedades no Estado Fresco e Endurecido e Aplicação em Pré-moldados Leves. Caderno de Engenharia de Estruturas. Sao Carlos, n 21, p.27-58.

LIMA, J.H.C; BARROSO, S.H. DE A., (2009) Avaliação de resíduos de construção civil e demolição do tipo misto e estabilizado com cal e cimento para uso na pavimentação. IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço. Fortaleza, CE.

LIMA, A.S. (2012). Caracterização e classificação dos resíduos de construção de demolição (RCD) da cidade de Fortaleza .Dissertação. Pós- Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará. Fortaleza, Ce, 80p.

MAYORGA, R.D.; LIMAI, P.V.P.S.; RIOS, A.K.B. CABRAL, A.E.B. (2009).Os resíduos da construção civil e suas implicações socioambientais e econômicas na cidade de Fortaleza – CE. In: Sober – Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 47 Anais.Porto Alegre: SOBER

OLIVEIRA, M. J. E. DE, (2002) Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. 191p.

On line [http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=3165] 10/08/2014

PIMENTA, A. S E VITAL, B.R (1994) Contaminação de pintores profissionais por metais pesados provenientes de tintas e vernizes. Química Nova (17), 4.

PIOVEZAN JÚNIOR, G. T. A. (2007) Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria. Dissertação. Programa de pós graduação em engenharia civil-UFSM-CT. Santa Maria, RS.

SKOOG, D. ; WEST, D.M; HOLLER, F.J; CROUCH, S.R. (2006) **Fundamentos de Química Analítica** . Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP.

OLYMPIO, K. P. K.; GONÇALVES, C.; GUNTHER, W. M. R. AND BECHARA, E. J. H.(2009) **Neurotoxicity and aggressiveness triggered by low-level lead in children**: **a review**. *Rev Panam Salud Publica*. vol.26, n.3, pp. 266-275. ISSN 1020-4989.

3 CARACTERIZAÇÃO DE RESIDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E AGREGADOS RECICLADOS PRODUZIDOS EM UNIDADE DE RECICLAGEM DE PEQUENO PORTE (*LAÍS CARLOS . BOAVENTURA SANTOS, VIVIANA MARIA ZANTA)*

RESUMO
A reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) pode ser realizada em unidades de diferentes portes. A unidade de reciclagem de pequeno porte (URPP) é uma alternativa descentralizada que confere maior flexibilidade por ser mais facilmente transferível para diferentes locais situados próximos ou na fonte de geração dos resíduos. Trata-se de uma opção que reduz os custos financeiros com transporte e permite a utilização dos agregados reciclados (AR) pela própria fonte geradora ou no mercado local.A etapa de caracterização dos RCC e dos AR fornece informações que irão subsidiar o manejo desses resíduos e o seu aproveitamento. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os RCC e AR produzidos em uma URPP localizada em um canteiro de obras. Determinou-se a massa unitária em estado solto, composição gravimétrica e granulométrica dos RCC, seguindo as premissas da NBR 10.007 (ABNT, 2004), NBR NM 45 (ABNT, 2006) e NBR NM 248 (ABNT, 2003). A caracterização dos agregados baseou-se na NBR 15.116 (ABNT, 2004). As amostras de RCC recebidas apresentaram uniformidade quanto às características analisadas, indicando eficiência de segregação, o que favorece a reciclagem. As amostras de AR graúdo atenderam aos requisitos da NBR 15.116 (ABNT, 2004) para o preparo de concreto sem função estrutural e as amostras de AR miúdo atenderam aos requisitos para utilização em serviços de pavimentação.

Palavras-chave: Caracterização, Construção Civil, Pequeno Porte, Resíduos, Reciclagem, Valorização.

3.1 INTRODUÇÃO

A maioria dos trabalhos acadêmicos aborda a reciclagem do RCC em unidades de grande porte, usinas centralizadas, geridas pela iniciativa privada ou pelo poder público, que recebem os RCC gerados em diferentes locais. Porém, poucos trabalhos relatam ou estudam experiências em unidades de pequeno porte, o que poderia aprimorar e incentivar a adoção dessa prática.

A caracterização dos RCC recebidos em uma unidade de reciclagem permite verificar a qualidade d a etapa prévia de segregação dos resíduos classe A e a sua composição quanto à presença de materiais cimentícios e cerâmicos. Para assegurar a qualidade do produto da reciclagem exige-se atendimento aos requisitos estabelecidos pela NBR 15.116 (ABNT, 2004) que são discriminados em função dos usos do AR, como o preparo de concreto sem função estrutural e utilização em pavimentação.

Muitos estudos sobre a caracterização dos RCC são encontrados na literatura (Cabral e Lima, 2013; Ramos, 2007; Santos e Zanta, 2016; Tessaro *et al*, 2012), mas poucos são encontrados sobre a caracterização dos agregados reciclados e suas possíveis utilizações (Evangelista *et al*, 2009).

Nesse trabalho se caracterizou os RCC e AR produzidos em uma URPP instalada e gerenciada em um canteiro de obras de edificações residenciais. O trabalho foi realizado em

três etapas, a primeira corresponde à caracterização dos RCC, a segunda à caracterização dos agregados reciclados e a terceira etapa à sistematização e análise dos resultados.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A URPP localiza-se em área adjacente a um canteiro de obra de conjunto habitacional com 728 unidades, distribuídas em 20 blocos de 4 pavimentos construídas em alvenaria estrutural com lajes pré-moldadas.

A configuração da URPP, Figura 1, compreende uma baia para armazenamento dos RCC classe A, o equipamento reciclador, uma rampa de acesso para transportar os resíduos da área de armazenamento ao equipamento reciclador, uma cobertura e as baias de armazenamento dos agregados reciclados – miúdo e graúdo. O equipamento encontra-se acima do nível do terreno de modo que os agregados reciclados produzidos são escoados por gravidade para as baias de armazenamento de agregados. O Quadro 1 mostra as características e dimensões da unidade.

Figura 1 – Layout da URPP de RCC classe A estudada

Quadro 1 – Características e dimensões da URPP de RCC classe A estudada

CARACTERÍSTICAS	
Área total da unidade	85 m²
Baias	Armazenamento de RCC classe A – 6,17 x 3,81 x 1,65 metros Armazenamento de agregado reciclado miúdo – 4,0 x 4,06 x 1,65 metros Armazenamento de agregado reciclado graúdo – 4,00 x 3,67 x 1,65 metros
Material da cobertura	Telhas de fibrocimento e madeira
Tipo do equipamento reciclador	Queixada 200P
Especificações da rampa	3,82m comprimento/1,06m altura 16° de inclinação Bloco e madeira (material)
Altura da bica de saída do equipamento	1,35 m
Capacidade produtiva do equipamento	1,1 m³/h
Consumo de energia	3 kw/h

Ensaios para determinação da massa unitária, composição gravimétrica e granulométrica do RCC foram realizados . Para tanto, coletaram-se 3 (três) amostras de RCC em duplicata de três lotes recebidos na URPP de RCC existente na obra. A amostragem foi realizada de acordo com a NBR 10.007 (ABNT, 2004).

As amostras foram retiradas de uma pilha de RCC acumulada na baia de armazenamento da unidade de reciclagem (Figura 2) ou áreas próximas à URPP, em pelo menos três seções (topo, meio e base), em cada seção foram coletadas quatro alíquotas. Essas amostras foram depositadas em lona plástica misturadas e quarteadas, conforme pode ser visualizado na Figura 3. A amostra final com volume igual a 40 litros foi suficiente para preencher as caixas de amostragem mostradas na Figura 4.

Figura 2 - Baia de armazenamento de RCC da URPP de RCC classe A

Figura 3 – Procedimentos de quarteamento da amostra

a) amostra coletada

b) homogeneização da amostra

c) quarteamento

Figura 4: Caixas de 40 L utilizados na coleta dos RCC

Durante o período de um mês, três lotes de RCC foram amostrados em duplicata. Determinou-se a massa unitária do RCC em estado solto por meio da pesagem das amostras colocadas nas caixas de 40 L em balança da marca Ramuza, modelo DP-200, capacidade máxima de 200 kg, com duas casas decimais de precisão.

Para determinação da composição gravimétrica, seguiram-se os procedimentos descritos nos trabalhos de Ramos (2007), Tessaro *et al.* (2012) e Cabral e Lima (2013). A composição granulométrica foi obtida seguindo as premissas da NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os componentes da amostra com dimensões maiores que a maior abertura das malhas das peneiras, ou seja, granulometria maior que 76mm foram retiradas, pesadas e reservadas. O restante dos resíduos foi submetido à secagem em estufa a 105-110°C por 24 horas e, posteriormente, peneirados utilizando peneiras da série normal e intermediária ou peneiras com aberturas de tamanho aproximado às da série normal (6,3mm; 4,75mm; 2mm; 0,600mm; 0,355mm; 0,250mm; 0,150mm). O material retido em cada peneira foi pesado para elaboração da curva de determinação granulométrica.

A amostragem para ensaios com os agregados reciclados foi realizada com base na NBR NM 26 (ABNT, 2001), foram retiradas 18 alíquotas de 10 kg de cada pilha de agregados, recolhidas de diferentes pontos no topo, no meio e na base, para compor a amostra final. As amostras foram acondicionadas em *big bags* e encaminhadas para laboratórios de ensaios e análises especializados.

Coletaram-se duas amostras de cada tipo de AR de diferentes lotes, cada uma com 180 kg, totalizando 4 amostras denominadas: AG1 (amostra de agregado graúdo do lote 1), AG2 (amostra de agregado graúdo do lote 2), AM1 (amostra de agregado miúdo do lote 1) e AM2 (amostra de agregado miúdo do lote 2). As análises foram realizadas em duplicata de acordo com as Normas descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Análises realizadas para caracterização dos agregados reciclados produzidos na reciclagem de pequeno porte de RCC

ANÁLISE	AM	AG	NORMA A SER UTILIZADA
Determinação da composição granulométrica	x	x	NBR 248/2003
Teor de material passante na peneira de 0,42mm	x		NBR 7181/1984
Teor de materiais não minerais	x	x	NBR 15.116/2004 – anexo B NBR 15.116/2004 – anexo A
Absorção de água	x	x	NBR NM 30/2001 NBR NM 53/2003
Teor de material que passa na peneira de 75 µm	x	x	NBR NM 46/2003
Determinação do índice de forma (método paquímetro)		x	NBR 7809/2006
Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis	x	x	NBR 7218/2010
Determinação de sais, cloretos e sulfatos	x		NBR 9917/2009
Índice de Suporte Califórnia	x	x	NBR 9895/1987

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RCC

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos nos ensaios de determinação de massa unitária em estado solto dos RCC.

Tabela 1 – Resultados da determinação da massa unitária das amostras de RCC coletadas

AMOSTRA	MASSA UNITÁRIA
AM1	1012,4 kg/m³
AM2	953,7 kg/m³
AM3	969,4 kg/m³

Os valores de massa unitária das amostras 1, 2 e 3 apresentaram valor da média aritmética igual a 978,5 kg/m³ e um desvio padrão igual a 30,4 kg/m³, indicando uma variação percentual da média encontrada pouco significativa, entre 1 e 3%.

No ensaio de determinação gravimétrica dos RCC identificaram-se blocos cimentícios, concreto simples, solo e materiais finos não passíveis de separação manual, mas que, visivelmente, eram compostos por argamassa, brita, solo e areia, que foram considerados como "outros". Numa das amostras encontraram-se pedaços de madeira e gesso em quantidade insignificante, que foram considerados como "rejeitos", pois o processo da reciclagem investigado é específico para os RCC classe A. A Figura 5 mostra a composição gravimétrica das 3 amostras de RCC coletadas.

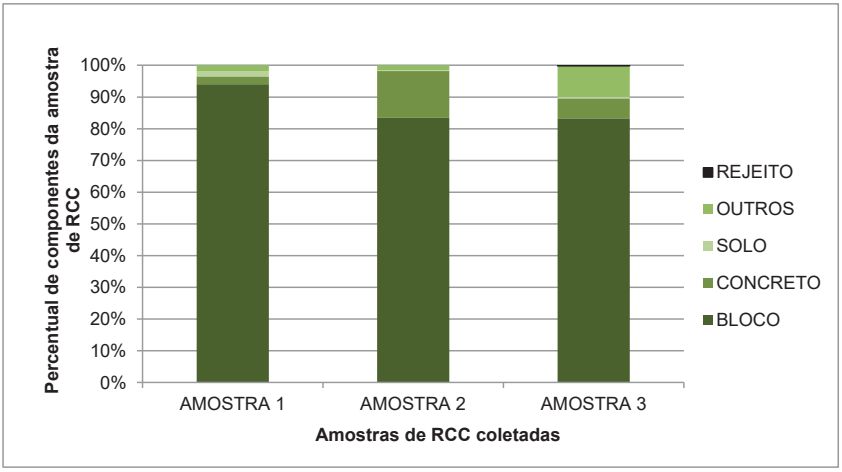
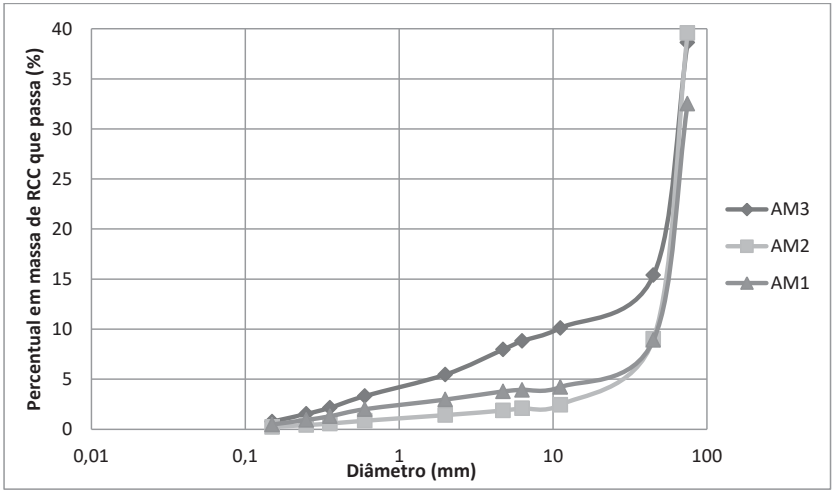


Figura 5 – Composição gravimétrica das amostras de RCC analisadas

As amostras apresentaram uma composição gravimétrica semelhante, cuja tipologia predominante foi a de blocos cimentícios, com percentual acima de 80% em todas as amostras. O concreto apresentou valores entre 2 e 15%, enquanto que a categoria materiais finos e solo apresentou entre 1 e 10% e entre 0 e 2%, respectivamente. Apenas a amostra 3 apresentou um pequeno percentual de rejeitos, equivalente a 0,05%. Essa composição reflete a predominância do uso de blocos estruturais confeccionados em concreto e utilizados na obra.

Observa-se que 90% dos RCC presentes na área de armazenamento da URPP possuem potencial de reciclagem e que as amostras indicam um nível elevado de segregação no canteiro de obras. As curvas de determinação granulométrica das amostras de RCC são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Curvas granulométricas das amostras de RCC analisadas



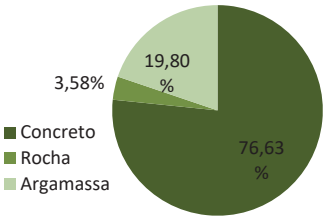
As curvas granulométricas de RCC apresentadas na Figura 6 indicam uniformidade entre as amostras analisadas. Mais de 60% dos materiais componentes das amostras ficou retido na peneira de maior abertura de 76 mm. Esse valor percentual inclui as peças maiores cujo peso foi obtido separadamente. O restante do material, , compreenderam dimensões de areia e pedregulho e, caso fosse incorporado uma etapa de peneiramento, poderiam ser aproveitados sem a etapa de britagem.

A existência de componentes com dimensões maiores que a abertura de alimentação (15x20cm) do equipamento de britagem empregado, impõe a redução de tamanho (cominuição) do RCC, que é feita com uso de marreta e exige esforço físico do operador.

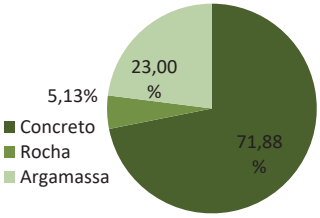
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS

A Figura 7 mostra as frações obtidas na separação e seus respectivos valores percentuais das composições gravimétricas, nas quais predominam o concreto e rocha. Os agregados ensaiados podem ser considerados agregados de resíduos de concreto (ARC), por possuírem mais de 90% de material cimentício e rocha.

Figura 7 Separação gravimétrica dos agregados produzidos



(A) **amostra 1 de agregado reciclado graúdo**



(B) **amostra 2 de agregado reciclado graúdo**

Distribuição granulométrica

A Tabela 2 mostra a distribuição granulométrica das amostras avaliadas e suas respectivas dimensões máximas características (D_{max}) e módulos de finura (M.F.).

Tabela 2 – Distribuição granulométrica das amostras avaliadas

ABERTURA DA PENEIRA (mm)	AGREGADO MIÚDO		AGREGADO GRAÚDO	
	AM1	AM2	AG1	AG2
19	0	0	0,7	0,8
12,5	0	0	6,0	10
9,5	0	0	17,5	25,6
6,3	0	0	39,5	46,9
4,75	0	0	58,4	65,3
2,36	20,8	14,4	91,9	91
1,18	29,1	33,3	100	100
0,60	70,4	57,7	100	100
0,30	84,6	76,8	100	100
0,15	92,9	90,2	100	100
Fundo	100	100	100	100
D_{max}	2,36	2,36	19	19
M.F.	2,98	2,72	5,68	5,83

As Figuras 8 e 9 apresentam as curvas de distribuição granulométrica das amostras AG1 e AG2, respectivamente, que se referem às amostras de agregado graúdo. Observa-se que ambas as curvas se adaptam parcialmente à zona 4,75/12,5, de acordo com a Norma NBR 7211 (ABNT, 2009). As amostras de agregados miúdos, AM1 e AM2, cujas curvas granulométricas estão representadas nas Figuras 10 e 11, foram caracterizadas como pertencentes à zona utilizável.

Figura 8 – Curva de distribuição granulométrica da amostra AG1

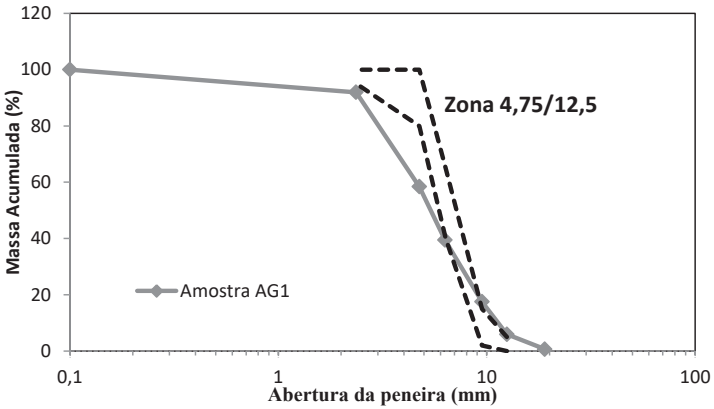


Figura 9 – Curva de distribuição granulométrica da amostra AG2

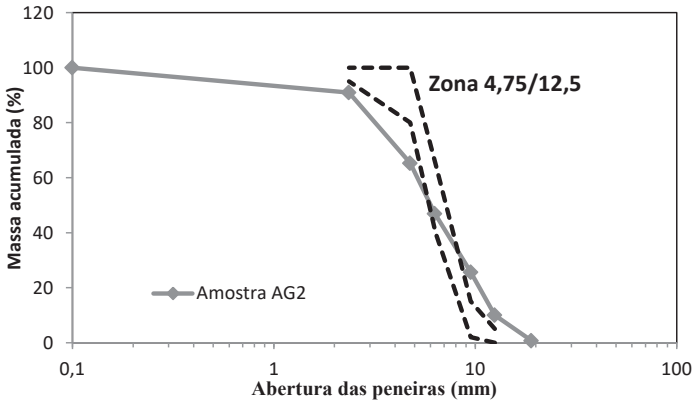


Figura 10 – Curva de distribuição granulométrica da amostra AM1

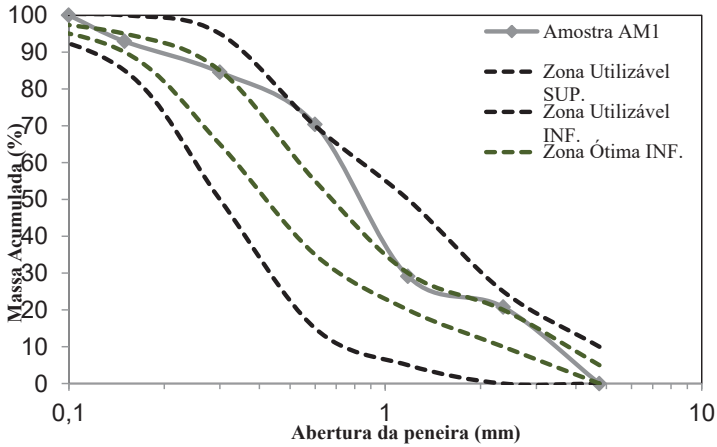
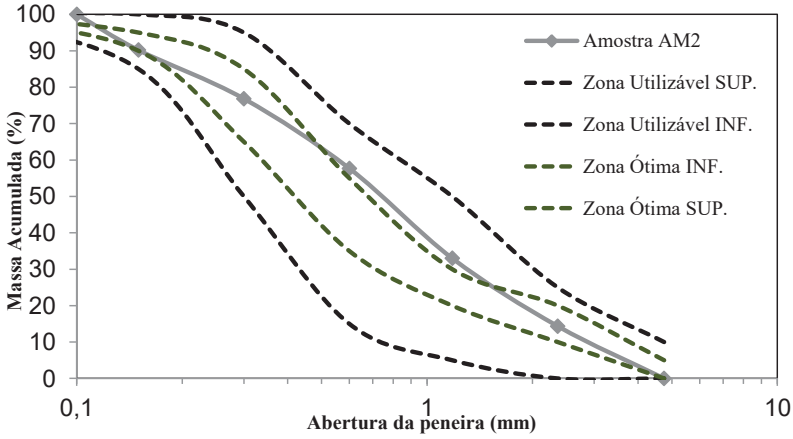


Figura 11 – Curva de distribuição granulométrica da amostra AM2



O ensaio para obtenção do teor de material passante na peneira de 0,42 mm é um ensaio requisitado para utilização do agregado reciclado em camadas de pavimentação e foi realizado para as amostras de agregado miúdo, de acordo com a NBR 7181 (ABNT,1984). Os resultados estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Teor de material passante na peneira 0,42 mm

AMOSTRA	TEOR DE MATERIAL PASSANTE #0,42mm (%)
AM1	24,85
AM2	27,93

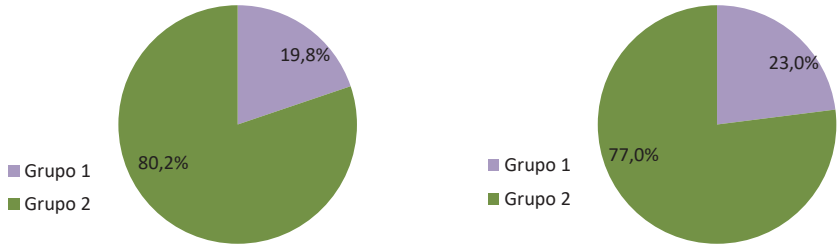
De acordo com o estabelecido na NBR 15.116 (ABNT, 2004), as amostras atenderam aos requisitos, apresentando percentuais menores que 40% e maior que 10%.

Determinação do percentual de materiais não minerais

As amostras AM1 e AM2 foram analisadas, também, quanto ao teor de materiais não minerais conforme o Anexo B da NBR 15.116 (ABNT, 2004), determinou-se o percentual de material flutuante em solução de cloreto de zinco. Não foram encontrados materiais não minerais nas duas amostras ensaiadas. Esse resultando é considerado satisfatório, pois a NBR 15.116 (ABNT, 2004) estabelece valores limites para materiais não minerais de 3% e 2% para agregado reciclado destinado a pavimentação e agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural, respectivamente.

Analisaram-se as amostras AG1 e AG2 conforme o Anexo A da NBR 15.116 (ABNT, 2004), que determina que a percentagem obtida para o Grupo 4 (fragmentos de materiais não minerais de natureza orgânica como madeira, plástico, betume e materiais carbonizados, e de contaminantes como vidros, vidrados cerâmicos e gesso), ou seja, corresponde ao teor de materiais não minerais. As Figuras 12 (a) e (b) mostram os grupos obtidos a partir da separação gravimétrica dos agregados.

Figura 12 – Teor de materiais não minerais da amostras AG1 e AG2



(a) AG1 (b) AG2

As amostras analisadas não apresentaram fragmentos de cerâmica branca ou vermelha com superfície não polida em mais de 50% do volume e nem fragmentos de materiais não minerais. A NBR 15.116 (ABNT, 2004) estabelece valores limites para materiais não minerais de 3% e 2% para agregado reciclado destinado a pavimentação e agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural, respectivamente. Logo, ambas as amostras apresentaram resultados positivos.

Massa específica e Índice de absorção de água

Realizou-se a determinação da massa específica e absorção de água de cada amostra com base nos procedimentos descritos na NBR NM 52 (ABNT, 2009) e na NBR NM 53 (ABNT, 2009). A Tabela 4 mostra que os resultados obtidos evidenciam que as composições gravimétricas são semelhantes e o valor das massas especifica das amostras também se assemelham.

Tabela 4 – Determinação da massa específica e absorção de água das amostras de agregado reciclado

AMOSTRAS	MASSA ESPECÍFICA (g/cm³)	ABSORÇÃO (%)
AM1	2,550	7,00
AM2	2,550	7,72
AG1	2,526	4,82
AG2	2,527	3,07

A Tabela 4 mostra o teor de absorção de água das amostras de agregados, que, também apresentaram valores próximos entre as amostras dos AG e AM. Como o AM é mais fino e, portanto, reativo, apresenta porcentagem de absorção de água superior às amostras do AG. Os resultados encontrados atendem aos requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.

Teor de Material Pulverulento

A presença de material pulverulento é indesejável em agregados empregados na produção de argamassas e concretos, pois diminuem a aderência do agregado à pasta, prejudicando a resistência e a estabilidade dimensional do concreto.

Para determinação do teor de material pulverulento (Figura 13), empregou-se o procedimento descrito na NBR NM 46 (ABNT, 2003). Obteve-se o teor de material pulverulento por meio da quantificação da massa antes e depois da realização da lavagem e cálculo do seu valor percentual no total da amostra. A Tabela 5 mostra os resultados encontrado.

Figura 13 – Lavagem de amostra para obtenção do teor de material pulverulento

Tabela 5 – Teor de material pulverulento das amostras de agregados reciclados

AMOSTRA	TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO ≤ 0,075MM (%)
AM1	2,805
AM2	5,290
AG1	1,346
AG2	1,197

A NBR 15.116 (ABNT, 2004) estabelece que o teor de material passante na peneira de malha igual a 0,075mm deve ser ≤10 para amostras de AG e ≤15 para amostras de AM. Dessa forma, os resultados obtidos por meio da análise das amostras de agregados reciclados atendem aos requisitos para preparo de concreto sem função estrutural.

Índice de forma (IF)

O índice de forma permite avaliar a qualidade de um AG em relação à forma dos grãos, a forma cúbica é considerada como forma ótima para agregados britados, cujo valor de índice de forma próximo a 1,0. O índice se baseia na medida da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado. Os grãos lamelares apresentaram valores mais elevados e considerados aceitáveis, o valor limite do índice de forma é igual a 3,0 (ABNT, 2009). O ensaio foi realizado conforme a NBR 7809 (ABNT, 2006), os IF dos agregados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Índice de forma das amostras de agregado reciclado

AMOSTRA	AG1	AG2
12,5 mm	2,19	2,08 2,01
9,5 mm	1,87	2,01
Índice de Forma (valor da média)	**2,03**	**2,05**

Para todas as amostras estudadas, os valores obtidos para o ensaio de índice de forma foram inferiores a 3,0. Portanto, o agregado reciclado produzido foi considerado de grão lamelar e atende aos requisitos exigidos pela Norma.

Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis

O ensaio de determinação do teor de argila permite avaliar a quantidade de argila nos agregados, e significa a contaminação com grãos pouco resistentes e que trarão prejuízo à resistência do concreto e, também, à sua aparência, uma vez que poderão produzir manchas na superfície do concreto aparente. Os torrões de argila são detectados no agregado por diferença de coloração e, como têm baixa resistência mecânica, são facilmente esmagados pela pressão manual.

Por se tratar de resíduo de construção, é esperada a presença de materiais argilosos, principalmente, em frações nas quais o solo se faz presente. A Tabela 7 mostra os valores de teor de argila e materiais friáveis.

Tabela 7 - Teor de argila e materiais friáveis das amostras de agregados reciclados

AMOSTRA	AM1	AM2	AG1	AG2
1,18/4,75 mm	27,72	42,28	-	-
4,75/9,50 mm	-	-	0,776	1,185
9,50/19,0 mm	-	-	0,979	0,971
Média	**27,72**	**42,28**	**0,92**	**1,05**

Constata-se que as amostras de AM apresentaram uma grande quantidade de material argiloso, não se enquadrando no limite para aplicação em concreto sem função estrutural, segundo a NBR 15.116 (ABNT, 2004). No entanto, as amostras de AG apresentaram teor de argila em torrões e materiais friáveis dentro do limite estabelecido na norma técnica, ou seja, inferior a 2%.

Determinação sais, cloretos e sulfatos solúveis

A Tabela 8 mostra os resultados obtidos para o teor de sais, cloretos e sulfatos solúveis das amostras de AM, os resultados foram determinados de acordo com a NBR 9917 (ABNT, 2009).

Tabela 8 – Teor de sais, cloretos e sulfatos solúveis presentes nas amostras de agregado reciclado miúdo

AMOSTRA	AM1	AM2
Sais Solúveis (%)	0,240	0,240
Sulfatos Solúveis (%)	0,060	0,060
Cloretos Solúveis (%)	0,006	0,007

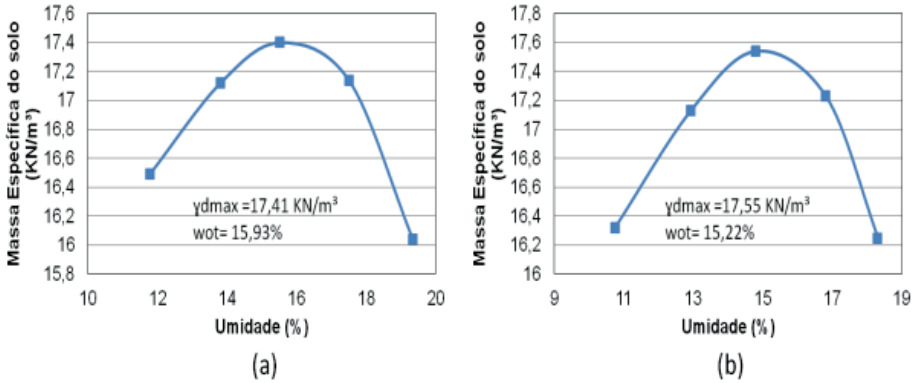
A Norma 15.116 (ABNT, 2004) estabelece como limite máximo 1% para tais contaminantes. Assim, pode-se constatar que as amostras não possuem restrições quanto ao atendimento aos parâmetros estabelecidos na NBR 15.116 (ABNT, 2004) para o preparo de concreto sem função estrutural.

Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Para as amostras de AM, executou-se inicialmente, o ensaio de compactação Proctor normal e, posteriormente, a moldagem e rompimento dos corpos de prova. As amostras de AG não apresentaram coesão, somente foram moldados os artefatos utilizando-se como parâmetro uma densidade relativa de 70%, para, em seguida, serem ensaiados.

As Figuras 14 (a) e (b) mostram as curvas de compactação, bem como, a densidade máxima e a umidade ótima para as amostras AM1 e AM2, respectivamente.

Figura 14 – (a) Curva de compactação da amostra AM1; (b) Curva de compactação da amostra AM2



A partir dos valores de umidade ótima e densidade máxima, foram moldados os artefatos para ensaio de expansão e ISC. A Tabela 9 apresenta os resultados do ISC e de expansão dos corpos de prova ensaiados.

A NBR 15.116 (ABNT, 2004), preconiza que as amostras de AM podem ser empregadas como sub base, pois apresentaram ISC superior a 20%. Quanto às duas amostras de AG, essas apresentaram valores de ISC abaixo de 20%, não atendendo, portanto, aos requisitos normativos (ISC ≥ 20% para sub-base e ISC ≥ 60% para utilização como base segundo a NBR 15116 (ABNT, 2004).

Tabela 9 – Índice de Suporte Califórnia e Expansão das amostras de agregados reciclados

AMOSTRA	ISC (%)	EXPANSÃO (%)
AM1	32	0,0
AM2	27	0,0
AG1	16	0,0
AG2	12	0,0

A Tabela 10 mostra um resumo dos resultados de todas as análises realizadas nesse trabalho, suas respectivas normas e a informação a respeito do atendimento a essas normas.

Tabela 10 – Resumo dos resultados de caracterização dos agregados reciclados

ENSAIO	AM1	AM2	AG1	AG2	NORMA/MÉTODO
Distribuição Granulométrica	ok	ok	±*	±*	NBR 7211
Teor de material que passa na peneira com abertura de malha igual a 0,42mm	ok	ok	n.a.	n.a.	NBR 7181
Materiais Não Minerais	ok	ok	ok	ok	NBR 15116
Absorção de água	ok	ok	ok	ok	NBR NM 52 e 53
Material Pulverulento	ok	ok	ok	ok	NBR 15116
Índice de Forma	n.a.	n.a.	±[1]	±[1]	NBR 7211
Teor de Argila e Materiais Friáveis	x	x	ok	ok	NBR 7211
Sais, Cloretos e Sulfatos.	ok	ok	n.a.	n.a.	NBR 7211
ISC	±[2]	±[2]	x	x	NBR 15116
Expansibilidade	ok	ok	ok	ok	NBR 15116

Obs.: * As curvas granulométricas atendem parcialmente aos limites da norma;
[1] Valores próximos a 2,0 (grãos com geometria intermediária – entre forma cúbica e forma lamelar);
[2] Atendeu aos requisitos para utilização como sub base de pavimentação, porém a composição pode ser corrigida com agregado natural;
n.a.: não se aplica;
ok: Atendeu aos requisitos normativos;
x: Não atendeu aos requisitos normativos.

Os resultados mostrados na Tabela 10 mostram que os agregados obtidos a partir da reciclagem dos RCC apresentam grande potencial para aproveitamento. Constata-se que o teor de argila encontrado nas amostras AM1 e AM2 foram elevados e esparsos, sugerindo a um possível erro experimental, ou que o período de armazenamento (10 meses) até a realização dos ensaios permitiu a contaminação das amostras, Bigolin, M. *et al* (2015) indicam que o tempo de armazenamento do agregado influencia na qualidade do material.

As amostras AG1 e AG2 atenderam aos requisitos da Norma 15.116 (ABNT, 2004) para o preparo de concreto sem função estrutural, mesmo não apresentando características ótimas, podendo ser corrigidos com a adição de agregados naturais. Para utilização em pavimentação, as amostras não atenderam aos requisitos do ensaio Índice de Suporte Califórnia.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da caracterização das amostras de RCC coletadas na área de armazenamento da unidade mostraram que os resíduos são bem segregados, predominando os resíduos de construção classe A, o que favorece a reciclagem.

Os resultados de caracterização dos agregados reciclados produzidos na URPP de RCC mostram que os agregados reciclados miúdos podem ser destinados a pavimentação e o agregado graúdo pode ser utilizado no preparo de concreto sem função estrutural, por exemplo, para a fabricação de blocos para alvenaria não estrutural.

A qualidade dos agregados reciclados produzidos assegura a sua utilização na própria obra, bem como, a sua comercialização ou doação. O reconhecimento da qualidade do agregado produzido permite maior confiança no seu uso e aceitação pelo mercado consumidor.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

_____. NBR NM 45: Agregados – Determinação de massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

_____. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.

_____. NBR 7809: Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro, 2006. 3 p.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002. 6 p.

_____. NBR 9917: Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro, 2009. 10 p.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 11 p.

_____. NBR NM 26: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

_____. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75μ, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

_____. NBR 7181/1984: Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

_____. NBR 15.116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004. 12 p.

BIGOLIN, M., DANILEVICZ, A. M. F., GRAEFF, A. G., SILVA FILHO, L. C. P. da. Viabilidade do agregado reciclado de RCD produzido no ambiente de uma pequena cooperativa. Espacios (Caracas), v.36, p.7, 2015.

CABRAL, A. E. B.; LIMA, A. S. Caracterização e classificação dos resíduos da construção civil da cidade de Fortaleza (CE). Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. Vol.18, n.2, p. 169-176. 2013.

EVANGELISTA, P. P. de A.; COSTA, D. B; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos classe A: sistemática para reciclagem em canteiro de obras. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jul./set. 2010.

RAMOS, B. de F. Indicadores de qualidade dos Resíduos da Construção Civil do Município de Vitória-ES. 2007. 190 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

SANTOS, L. C. B.; ZANTA, V. M. Caracterização dos resíduos da construção civil para reciclagem de pequeno porte. Anais 17° Silubesa – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis/SC, 2016.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e qualificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição do município de Pelotas, RS. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012.

4 ANALISE DOS REQUISITOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM UMA UNIDADE DE RECICLAGEM DE PEQUENO PORTE *(LAÍS C. BOAVENTURA SANTOS, LUCIANO MATOS QUEIROZ, VIVIANA MARIA ZANTA)*

RESUMO:

As unidades de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) no Brasil são, em geral, unidades de médio e grande porte, e atendem grandes geradores públicos ou privados, utilizando um maior número de equipamentos, ocupando grandes áreas e localizando-se em pontos fixos no espaço urbano. Unidades de menor porte com processos mais simples conferem mobilidade a instalação, permitindo uma maior proximidade da fonte geradora ou bacia de captação de RCC e possíveis locais de utilização. Poucos estudos são encontrados na literatura sobre essas unidades. Esse artigo busca analisar o desempenho ambiental e operacional de uma unidade de reciclagem de pequeno porte (URPP) de RCC, localizada em canteiro de obras, por meio de indicadores de desempenho ambiental e operacional. O trabalho consistiu na seleção de indicadores aplicáveis ao objeto de estudo e sua utilização para análise do desempenho operacional e ambiental da unidade. A URPP investigada quanto a ruído e emissão de material particulado atendeu aos padrões ambientais legais e apresentou baixo consumo de energia e água. Os indicadores de desempenho operacional indicaram que se uma maior quantidade de RCC classe A for direcionada para a reciclagem e o turno de operação for de 8 horas, desempenho da URPP será satisfatório.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil. Reciclagem.Desempenho. Indicadores.

4.1 INTRODUÇÃO

A destinação adequada dos RCC é estabelecida pela Resolução CONAMA n° 307 (Brasil, 2002), de acordo com seu potencial de reaproveitamento, priorizando a reutilização e a reciclagem.

A reciclagem é uma opção de destinação adequada para os RCC, que está inserida nos princípios da sustentabilidade e da ecoeficiência na construção civil. O aproveitamento dos RCC diminui a extração de recursos naturais, contribuindo para a conservação dos biomas, reduzindo os custos para aquisição de agregados naturais e aumentando a vida útil dos aterros.

Leite (2001), Jadovski (2005) e Duarte e Lima (2007), classificam unidades de reciclagem como sendo de primeira, segunda e terceira geração, que se diferenciam entre si pelos diferentes processos envolvidos e equipamentos utilizados para eliminação das impurezas dos RCC e, consequentemente, pelo produto reciclado gerado no processo. Uma planta de primeira geração apenas possui dispositivos para retirada de barras de aço e outros materiais metálicos, enquanto que uma planta de terceira geração visa à remoção total de contaminantes dos resíduos, envolvendo diferentes tipos de processos e dispositivos.

Segundo a NBR 15.114 (ABNT, 2004) área de reciclagem de RCC é aquela "área destinada ao recebimento e transformação de RCC classe A, já triados, para produção de agregados reciclados". Pinto e Gonzalez (2005) dizem que a área de reciclagem de RCC inclui os processos de trituração e peneiramento dos resíduos de concreto, alvenaria,

argamassa e outros para produção de agregados reciclados.Na literatura científica, os estudos encontrados sobre unidades de reciclagem de RCC e seu desempenho aplicam-se às instalações de médio e grande porte, que possuem mais de uma etapa de processamento e utilizam equipamentos robustos que ocupam grandes espaços.

Evangelista *et al.* (2009) e Santos e Zanta (2016) descrevem características de unidades de reciclagem de pequeno porte como uma alternativa descentralizada de valorização dos RCC, que pode envolver vários atores da cadeia de logística reversa visando a reciclagem de RCC (Santos et *al*., 2015). Quanto a capacidade de processamento, a URPP de RCC possui capacidade de produção de até 5m³/h, ocupa área física de cerca de 100m², abrangendo espaços para armazenamento dos RCC e agregados reciclados (AR) e para o equipamento móvel. Quanto aos recursos humanos adota-se entre 1 e 2 colaboradores (Santos, 2017).

O indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal permitir a síntese de várias informações (Campos e Melo, 2008), tornando-se assim, uma ferramenta de gestão capaz de avaliar processos e indicar em quais etapas se fazem necessárias melhorias.

Os indicadores de desempenho permitem avaliar se as premissas do conceito de ecoeficiência estão sendo atendidas. Segundo Tello e Ribeiro (2012) ecoeficiência consiste na

> geração de maior valor econômico com redução dos danos ambientais em produtos e processos por meio do aumento da eficiência na utilização dos recursos naturais e da não geração ou minimização dos resíduos.

Como a reciclagem em URPP é um processo que tem o potencial de diminuir o consumo de recursos naturais, tornar o ciclo de vida dos produtos mais longo e minimizar a geração de rejeitos, enquadra-se no conceito de ecoeficiência, mas é necessário avaliar se em situações cotidianas apresentam um desempenho ecoeficiente satisfatório.

Nesse trabalho analisaram- o atendimento à requisitos ambientais e operacionais do processo de reciclagem de uma URPP.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Indicadores de desempenho ambiental e operacional estabelecidos de acordo com o procedimento relatado em Santos, 2017 foram utilizados para o estudo da URPP localizada em canteiro de obras de um condomínio de edifícios residencial com 728 unidades, distribuídos em 20 blocos de 4 pavimentos no município de Feira de Santana. O método construtivo utilizado foi alvenaria estrutural com lajes pré-moldadas içadas. A URPP ocupava uma área de 85m², possuía 3 baias de armazenamento para RCC e agregados reciclados, um equipamento reciclador de capacidade produtiva de 1,1m³/h.

Os indicadores de desempenho ambiental e operacional utilizados são apresentados no Quadro 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1 – Indicadores selecionados para análise de desempenho ambiental de uma URPP

N°	INDICADOR	UNIDADE DIMENSIONAL
1	Nível de emissão de ruído	dB
2	Nível de emissão de material particulado	μm/m³
3	Percentual de rejeito gerado	%
4	Consumo de água	L/m³ de agregado reciclado produzido
5	Consumo de energia do equipamento/consumo total de energia da obra	Adimensional

Quadro 3 – Indicadores selecionados para análise de produtividade operacional de uma URPP

N°	INDICADOR	UNIDADE DIMENSIONAL
1	Quantidade de RCC britado por período de tempo	m³/hora
2	Quantidade de agregado reciclado produzido por tipo/quantidade de agregado reciclado produzido no mesmo intervalo de tempo	%/tipo
3	Tempo total de produção por dia	h/dia
4	Quantidade de RCC classe A gerado e não reciclado	m³
5	Volume reciclado por dia	m³/dia

O levantamento de dados primários para obtenção dos valores dos indicadores de desempenho operacional foram obtidos por meio de observação diária, com frequência média de 3 (três) dias por semana, durante o período de 8 meses, compreendendo etapas construtivas de edificação e acabamento da obra.

Os valores para o desempenho ambiental para emissão de ruído e material particulado seguiram os procedimentos descritos por Santos, 2017. Foram escolhidos 4 pontos para medição de ruído na URPP, o Ponto A localizado próximo ao equipamento reciclador, o Ponto B, na área de armazenamento de RCC, o qual o operador da reciclagem transitava, o ponto C próximo as residências vizinhas ao canteiro de obras e o Ponto D em local externo ao canteiro de obras.

Os níveis de emissão de material particulado foram determinados por meio da utilização do equipamento impactador Berner, com seis estágios de impactação, cada estágio com diferentes diâmetros de abertura. Em cada estágio o material particulado de diâmetro compatível com a abertura do equipamento fica retido nos filtros que são inseridos no equipamento. Para obtenção quantitativa do material particulado, esses filtros são pesados antes e depois das amostragens.

Foram realizadas 4 amostragens, 3 delas com o equipamento reciclador em operação e uma sem o equipamento estar em funcionamento para obtenção dos níveis de emissão do entorno por períodos de 8 horas. Dados secundários foram levantados junto à administração do empreendimento.

Realizou-se a análise do desempenho ambiental comparando-se os resultados obtidos com a legislação pertinente, Norma 10.151 (ABNT, 2000) e NR 15 (BRASIL, 1978) para nível de emissão de ruído e Resolução 003 (Brasil, 1990) do CONAMA para emissão de material particulado.

Para a análise do desempenho operacional analisou-se os indicadores de produtividade medidos em campo comparando-os com a capacidade de produção instalada na URPP.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em relação aos indicadores de desempenho ambiental são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de aplicação dos indicadores de desempenho ambiental na URPP

INDICADOR	RESULTADO
Nível de emissão de ruído	aceitável
Nível de emissão de material particulado pelo equipamento	Parcialmente aceitável
Consumo de energia	0 a 0,6% do total
Consumo de água	0
Percentual de rejeito gerado	0,05% do total amostrado
Consumo de energia do equipamento/consumo total de energia da obra	0,0016 a 0,0062

Nível de emissão de ruído

A partir dos valores medidos em cada ponto, foi possível verificar que o Ponto A indicou os maiores níveis de pressão sonora por estar mais próximo do equipamento reciclador, uma média de 81,6 dB(A). O ponto B, localizado um pouco mais afastado do equipamento apresentou níveis um pouco abaixo do Ponto A, o valor médio de 71,3 dB(A). Os pontos C e D apresentaram níveis de pressão sonora menores, 45,1 e 50,3 respectivamente, esses valores são muito próximos do ruído residual nesses pontos, 47,3 e 46,9, tornando a influência do ruído emitido pelo equipamento reciclador quase insignificante.

Os pontos A e B, nos quais a presença do colaborador é mais constante durante a operação do equipamento e outras atividades inerentes ao processo, apresentaram maiores níveis de emissão de ruído e, se observada a NR 15 (BRASIL, 1978) é recomendável o uso de equipamentos de proteção auditiva adequado pelo colaborador.

A Norma 10.151 (ABNT, 2000) determina o nível de critério de avaliação para ambientes externos em decibéis. Para áreas mistas, predominantemente residenciais, que é o caso da área de estudo, o limite do nível de ruído é 55 dB durante o dia e 50 durante a noite, o ponto de medição mais próximo às residências, ponto C, apresentou valor médio de nível de pressão sonora equivalente corresponde a 45,1 dB, valor muito próximo ao ruído residual e abaixo do que é estabelecido como limite na norma, configurando o ruído emitido pelo equipamento como aceitável.

Nível de emissão de material particulado

Os padrões estabelecidos pela Resolução 003 (Brasil, 1990) do CONAMA utilizam o período de 24h para estabelecer limites de concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Material Particulado ou Inaláveis de até 10µm (MP10). ou partículas inaláveis. Para padrões primários e secundários de qualidade do ar é estabelecido um limite de 240 e 150 µg/m³ de ar de PTS e 150 µg/m³ de ar de MP10.

Tabela 2 – Valores de PTS e MP10 observados nas amostragens realizadas com reciclador operando e desligado.

CONDIÇÂO	FILTRO	ESTÁGIO	PTS (µg/m³ de ar)
Reciclador em operação	**A21**	**6**	**23**
	A27	**5**	**1198**
	A23	**4**	**170**
	A24	3	54
	A25	2	43
	A26	1	44
	A44	**6**	**-**
	A41	5	21
	A39	4	40
	A38	3	55
	A37	2	57
	A36	1	63
	A43	**6**	**15**
	A42	5	140
	A40	4	36
	A35	3	23
	A34	2	20
	A33	1	19
Reciclador desligado	**A22**	**6**	**18**
	A32	5	37
	A28	4	23
	A31	3	28
	A30	2	18
	A29	1	14

. Os valores de PTS são inferiores ao padrão secundário de qualidade de ar, mais restritivo, com exceção de um dia de amostragem, se considerado cada estágio utilizado. Os efeitos na saúde do colaborador que opera o equipamento devido à inalação do material particulado dependem da distribuição do tamanho das partículas. As partículas menores que 10 µm representam um fator de risco para o desenvolvimento e agravamento de doenças cardiovasculares e respiratórias, visto que partículas desse tamanho conseguem acessar partes do organismo mais internas (Araújo, 2014). Observa-se que as alíquotas de materiais retidas no estágio 4 e 5, que predominaram, correspondem a partículas com até 4,9 µm..

O entorno da URPP contribui com valores de emissão de partículas, sendo que na única amostragem realizada, os valores determinados foram aceitáveis.

Consumo de água

Na URPP não havia pontos de abastecimento de água, sendo as necessidades de consumo humano atendidas pelo fornecimento de agua externo a URPP.

Percentual de rejeito gerado

Qualquer material que não pode ser enquadrado na classe A dos RCC ou que, se inserido no britador, causaria algum prejuízo à qualidade dos agregados reciclados produzidos foram considerados rejeitos. A composição gravimétrica de amostras dos RCC obtida por Santos *et al.*, 2016 mostrou um percentual de rejeito muito baixo em uma das amostras analisadas equivalente a 0,05%.

Consumo de energia do equipamento/consumo total de energia da obra

A geração de energia para a URPP era realizada por meio de um gerador à diesel, que também era utilizado para fornecer energia a área administrativa do canteiro de obras e a equipamentos de transporte vertical de carga na obra. O maior valor de consumo de óleo diesel da URPP foi de 16,2 litros/mês, o que representou cerca de 0,6 % do consumo total do gerador.

A Tabela 3 mostra os valores obtidos para os indicadores de desempenho operacionais.

Tabela 3 – Resultado dos indicadores obtidos para análise de desempenho operacional da URPP

N°	INDICADOR	VALOR OBTIDO
1	Quantidade de RCC britado por período de tempo	0,51m³ de RCC/hora
2	Quantidade de agregado reciclado produzido por tipo/quantidade de agregado reciclado produzido no mesmo intervalo de tempo	60,6%/agregado graúdo e 39,4%/agregado miúdo
3	Tempo total de produção por dia	4,7h/dia
4	Quantidade de RCC classe A gerado e não reciclado na obra	836 m³
5	Volume reciclado por dia	2 m³/dia

Comparando-se a capacidade de processamento medida, 0,51m³ de RCC/hora com a capacidade nominal do equipamento 1,1m³ de RCC/hora, observa-se que apenas 50% da capacidade do equipamento britador foi aproveitada. Outro indicador levantado indica que o tempo total de produção por dia foi 4,7 horas, valor esse menor que a jornada diária de trabalho do colaborador. Esse indicador é explicado pelo fato de que o colaborador realiza, durante a sua jornada, outros serviços no canteiro de obras do empreendimento e interrompe o processo de reciclagem em vários momentos.

A quantidade estimada de RCC produzido durante o periodo de estudo foi de cerca de 2.100 m³ , considerando o valor reciclado no mesmo periodo de determinado de 1300 m³ tem-se que apenas 60 % do RCC produzidos na obra foram aproveitados, indicando que a produtividade do processo não é satisfatória, sendo o possível identificar como principal fator limitante o turno de trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados de aplicação dos indicadores de desempenho ambiental atenderam requisitos ambientais de baixa demanda de agua e energia, no entanto é recomendável o o uso de equipamentos de proteção individual para reduzir riscos associados a emissão de ruídos e material particulado.

O desempenho operacional pode ser melhorado com ajustes nos turnos de trabalho ou a agregação de mais um colaborador na equipe , de modo a permitir um maior rendimento no uso do equipamento reciclador.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 7 p.

_____. NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4 p..

ARAÚJO, I. P. S. Metodologia para medição de material particulado em canteiros de obra. 2014. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2002. Resolução CONAMA n° 307 - Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=563.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 1990. Resolução CONAMA n° 003 - Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Limite de tolerência. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 15 – Anexo I.

CAMPOS, L. M. de S; MELO, D. A. de. Indicadores de Desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. Produção, v. 18, n 3, p. 540-555, 2008.

DUARTE, P.; LIMA, V. L. de. Beneficiamento do resíduo de construção. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2007, João Pessoa. Anais do II CONNEPI. Paraíba, 2007.

JADOVSKI, I. Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição. Trabalho de Conclusão (Mestrado) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 270 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Painel Nacional de Indicadores ambientais: Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto 2012. Secretaria Executiva, Departamento de Gestão Estratégica. Brasília, 2014.

SANTOS, L.C.B. Análise do desempenho de uma unidade de reciclagem de pequeno porte de resíduos da construção civil. Dissertação de mestrado. Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2016.

SANTOS, L. C. B.; Zanta, V. M. Caracterização dos resíduos da construção civil para reciclagem de pequeno porte. Anais 17° Silubesa – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis/SC, 2016.

SANTOS, L. C. B.; Zanta, V. M; Lima, J. A. R. Rede Técnica dos resíduos da construção civil em Salvador – Bahia e a Política Estadual de Resíduos Sólidos da Bahia. Anais 28° CBESA – Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro/RJ, 2015.

SISTEMA FIRJAN. Manual de indicadores ambientais. Rio de Janeiro: DIM/GTM, 2008. 20p.

SPERLING, T. L. von; SPERLING, M. von. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação de qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 18, nº 4. Rio de Janeiro. 2013.

TELLO, R.; RIBEIRO, F. B. Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012.

5 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO APLICADO AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL-FERRAMENTA GIR@SSOL. *(MARIA CAROLINA DE PAULA ESTEVAM D'OLIVEIRA, AURÉLIO PESSÔA PICANÇO, VANESSA GUIMARÃES DE CASTRO, EDUARDO QUIRINO PEREIRA, RICARDO RIBEIRO DIAS)*

RESUMO: A geração excessiva e disposição inadequada de resíduos de construção e demolição (RCD) afetam negativamente o ambiente das cidades. O município de Palmas/TO sofre as consequências da destinação inadequada desse tipo de resíduo e necessita de soluções apropriadas a fim de mitigar essa situação. Para tanto, foi realizada a identificação e classificação dos pontos de lançamento de RCD, os quais foram cadastrados no software GIR@SSOL. O software permitiu a comparação entre os endereços em que há edificações em construção e os que possuem caçambas coletoras alocadas. Foi possível verificar que a coleta de RCD na cidade de Palmas é ineficiente, pois do total de 223 obras em execução verificadas, aproximadamente 66% possuíam licenciamento de construção e 53% não possuíam coleta regular. Além de evidenciar durante a análise de dados da prefeitura municipal de Palmas e das empresas de locação de caçambas um número significativo de obras não licenciadas para construção, comprovando a necessidade de um sistema mais eficaz de fiscalização e gerenciamento.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos. Sistema de apoio à decisão. Resíduos sólidos de construção civil e demolição, GIR@SSOL.

5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente a realidade encontrada no mundo referente aos resíduos sólidos da construção civil é preocupante, sendo considerado um problema para as administrações públicas, uma vez que o aumento desses materiais tem se tornado cada dia maior. Isso faz com que ocorra a necessidade de terrenos com grandes extensões para deposição desses resíduos, pois sabe-se que a sua disposição inadequada pode gerar vários problemas para a população, desde a saúde pública quanto aos impactos ambientais (CAVALCANTE, RUFO, PICANÇO, 2008).

De acordo com Gonçalves (2011) o crescimento progressivo dos resíduos sólidos tem ocorrido juntamente com o aumento da população, pois trazem consigo alguns problemas ambientais pelo fato do crescimento da construção civil estar lado a lado com essa evolução, com intuito de atender as expectativas da sociedade. Com isso, fica evidente a necessidade de uma gestão adequada para que se desenvolva um plano integrado de gerenciamento da mesma, com a intenção de gerar menos impacto ao ambiente.

A cidade de Palmas/TO é a capital mais nova do Brasil e, devido a isso é alvo de movimentos migratórios, o que acarreta o aumento constante do número de obras, seja de pequeno, médio ou grande porte. De acordo com o Censo Demográfico (2010) realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, Palmas é uma das capitais que mais apresentou crescimento populacional, entre 2000 a 2010 com uma taxa de média de 5,2% enquanto que em a taxa nacional foi de 1,17%.

Apesar de planejada, a cidade de Palmas não conseguiu aproveitar da experiência

gerada na criação para implementar uma gestão qualificada, no que se refere a destinação final dos resíduos sólidos, com o intuito de gerar menos impactos ambientais e problemas populacionais.

Quantificar e localizar os pontos de demanda de coleta, ou seja, as obras em andamento dentro do perímetro urbano torna-se um processo fundamental quando se deseja observar a necessidade de um plano de gerenciamento municipal, a sua viabilidade e os meios em que este será desenvolvido. Esses dados, que podem ser obtidos pela secretaria de habitação municipal, combinados com os dados de atendimento das empresas de coleta, geraram um diagnóstico prévio do primeiro processo de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos que é a coleta do material.

O presente trabalho vem a apresentar, portanto, a criação de um utilitário elaborado para gerenciamento RCD, nominado "GIR@SSOL". O mesmo é composto de uma estruturação dos preponentes informativos em banco de dados e processamento em linguagem Python, para em conformidade com o cronograma de atividades compelido, expor os resultados obtidos a uma interface de socialização gráfica, em um aplicativo gratuito para sistemas operacionais de 64 bits e Android e também por meio da solicitação de um conteúdo dinâmico pela página do laboratório de resíduos sólidos da Universidade Federal do Tocantins.

5.2 A CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A construção civil é das maiores cadeias produtivas da economia e possui um enorme impacto ambiental por ser considerado um setor responsável pela transformação do ambiente natural em meio construído (JOHN, 2000). A questão ambiental atualmente é um dos temas mais discutidos no mundo inteiro, onde a conservação do meio ambiente é um dos maiores desafios a serem enfrentados na busca do desenvolvimento sustentável (MOTA, 2006).

Outro fator de grande relevância nesse contexto é a falta de planejamento das cidades, em que a geração de RCD tem aumentado, assim como, o nível de desenvolvimento econômico, social e cultural. Com isso, também é possível notar, o aumento de construções, o que ocasiona o acúmulo da demanda de matéria-prima, induzindo ao crescimento da geração deste tipo de resíduos, que causam impactos ao meio ambiente e a qualidade de vida da população (FREITAS, 2009).

A produção de resíduos sólidos em uma obra de construção civil pode ser observada ao longo de suas etapas evolutivas, desde uma limpeza de terreno, escavações, à execução propriamente dita, ou em outros casos, resultante de demolições. Esse volume será variável de acordo com o nível tecnológico do executor, com a fiscalização realizada em obra, do acompanhamento técnico entre outras ações preventivas que podem ser adotadas a fim de se gerir mais eficazmente o RCD de uma obra.

Segundo Cabral e Moreira (2011) existem diversos fatores que podem interferir imediatamente na composição dos resíduos sólidos da construção civil, como por exemplo, o desenvolvimento econômico e tecnológico, as técnicas de demolições empregadas, além da estação do ano em que as características dos resíduos gerados podem ser afetadas de modo significativo, uma vez que há uma grande diversidade de matérias-primas e técnicas construtivas.

Estes resíduos, se depositados inadequadamente, podem provocar graves impactos ao meio ambiente além de acarretar prejuízos à sociedade onde esses entulhos possuem em sua composição materiais indesejáveis como é o caso do gesso de construção, alguns resíduos

químicos e o cimento de amianto (MOREIRA, 2010).

A concepção de um projeto bem elaborado, gerado a partir de estudos prévios, com objetivos bem definidos, contribuem para um processo construtivo mais eficiente, pois quando nascido dentro de um contexto multidisciplinar, com profissionais de diversas áreas envolvidos e uma compatibilidade de projetos bem resolvida, a execução torna-se mais limpa, evitando-se erros, retrabalhos e por consequência, menos resíduos.

Durante a fase de construção, a maioria dos detritos produzidos é resultante de falhas nos processos executivos. A capacitação técnica do profissional e soluções tecnológicas contribui positivamente para a não geração desses resíduos, evitando sobras e desperdício de materiais.

O desperdício em canteiros de obras é um hábito antigo, mas a interferência do setor no contexto social e ambiental despertou preocupações relacionadas a tais práticas. A Lei 8.078 (Código do consumidor), a Lei 7.347 (Agressão ao meio ambiente) e a Lei 8.137 (Crimes contra as relações de consumo), fizeram com que houvesse um maior controle de qualidade na construção civil e a busca da diminuição das perdas por desperdício com aplicação de técnicas de Deming, Ishikawa, Juran, Crosby, dentre outras.

5.3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Resíduos de construção e demolição são um grande problema na sociedade moderna, uma vez que representam de 25% a 30% de todo os resíduos sólidos gerados anualmente. Internacionalmente, resíduos de construção e demolição são uma das principais fontes de resíduos. A gestão adequada desses resíduos é um dos pilares da Estratégia de 2020, "Roteiro para uma Europa eficiente em termos de recursos". O objetivo é que a sociedade europeia seja eficiente na utilização do sistema 3Rs, em que a redução ou prevenção é a primeira escolha de gestão, seguido de reutilização e reciclagem, valorização (incluindo valorização energética) e eliminação por último (depósito em aterros sanitários, entre outros) (RODRIGUEZ *et al.,* 2015).

Abdelhamid (2014) enfatiza que os resíduos gerados a partir de construção e demolição são considerados um dos maiores problemas no Egito quando a questão é a sua gestão. Algumas melhorias foram feitas ou estão em desenvolvimento nos últimos 10 anos, onde alguns códigos relacionados a tal questão estão agora em fase de desenvolvimento, como, por exemplo, o Código de Construção Verde e do Código de Reciclagem de Resíduos Sólidos, e o mais importante é a emissão *Green Pyramids Rating System* (GPRS). Neste caso, os materiais reutilizáveis, como aço, são usados novamente em construção ou são vendidos para o mercado como lixo, enquanto os resíduos não recicláveis são transferidos para o local mais próximo para despejo em aterro e os recicláveis são transferidos para a estação de reciclagem. A principal vantagem dessa escolha é a segregar o resíduo assim que é gerado, o que cria, consideravelmente, resíduos limpos. Isto leva diretamente para menos despesa na fase de tratamento. Por isso, esta abordagem promove o projeto para ser qualificado para o GPRS. No entanto nessa abordagem um empreiteiro com uma experiência passada na gestão de resíduos é preferível e os trabalhadores devem ser treinados nas técnicas corretas de coleta, manuseio e separação dos resíduos (ABDELHAMID, 2014).

No Brasil, a quantidade de resíduos sólidos da construção civil gerada atualmente é preocupante, onde a expansão dos impactos por eles causados no meio urbano mostra que uma medida emergencial precisa ser tomada. O planejamento e gerenciamento desses resíduos poderão reduzir de forma significativa esses impactos por meio da reutilização, reciclagem e/ou seu destino apropriado, fazendo com que ocorra a melhoria da produtividade

e economia no que se refere ao fluxo e redução dos custos por meio da remoção desses resíduos, além de gerar menos lixo e poluição ao ambiente (CARNEIRO et al., 2006).

Gerir de maneira mais eficaz os resíduos dentro de uma obra significa a priori, uma redução da produção dos mesmos, assim, os benefícios no quesito custo já poderiam ser quantificados, pois todo resíduo produzido em um canteiro de obras foi obtido previamente como matéria prima, teve um custo para ser adquirido, transportado, manuseado, e uma vez caracterizado como entulho, terá um custo para ser destinado ou reutilizado. Porém uma gestão diferenciada de resíduos de construção e demolição eficaz é inicialmente onerosa, pois disciplinar os agentes atuantes nos processos executivos, aderir novas tecnologias ou implantar estações de reciclagem dentro de um canteiro de obras abrindo mão de grandes áreas, possui custos significativos. Por isso, é cada vez mais comum em grandes cidades o surgimento de empresas especializadas em remoção e beneficiamento dos resíduos de construção civil, atuando com parcerias com prefeituras ou com iniciativa privada.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento do GIR@SSOL está fundamentada no âmbito da Pesquisa Operacional (LAW e KELTON, 1991), no entanto, para a validação do software, foi utilizada a técnica de estudo de caso (YIN, 2001). A metodologia consiste basicamente das seguintes etapas:

- Estudos exploratórios, na qual o problema foi identificado e estruturado;
- Desenvolvimento da solução pela construção de modelos formais capazes de representar o problema;
- Implementação computacional da solução, utilizando-se a tecnologia de sistemas de apoio à decisão (SAD);
- Validação da solução, por meio de testes, para verificar se os resultados obtidos estão de acordo com a realidade observada.

A validação foi desenvolvida em um estudo de caso, com a utilização de dados do município de Palmas, utilizando as informações obtidas junto a Secretaria de Habitação Municipal (SEDUMAH) e as empresas responsáveis pela locação de caçambas, por meio de entrevistas estruturadas e questionários. Para o desenvolvimento do GIR@SSOL foi utilizada a arquitetura de sistemas de apoio à decisão propostas por Sprague e Watson (1991), a qual é composta por três subsistemas básicos: banco de dados, modelo decisório e interface.

O ponto central do modelo decisório do GIR@SSOL constitui-se de imagens de satélite, as quais forão adquiridas mediante uma pesquisa e análise dos atuais sistemas sensores remotos orbitais, de alta resolução espacial, visando a identificação daquele que apresenta a melhor capacidade de fornecer um produto compatível com a escala de mapeamento das fontes de geração de RCD. As imagens de alta resolução espacial forão processadas em ambiente PCI Geomática, por meio de funções de ortorretificação para obter uma imagem final com melhor fidelidade geométrica. Na sequência, as imagens passaram por testes de realces buscando melhorar sua qualidade visual e posterior aplicação de métodos de interpretação visual e digital.

Para a identificação das fontes passíveis de geração de resíduos sólidos foram empregadas tarefas integradas de interpretação visual e digital sobre as imagens de satélite de alta resolução, bem como utilizadas informações auxiliares coletadas nos órgãos públicos municipal. Sobre as imagens foram empregadas técnicas de segmentação disponíveis no software Spring/Inpe. A segmentação é uma técnica que divide a imagem em regiões por meio de análise estatística que considera a similaridade entre pixels vizinhos, decidindo por

criar uma nova região ou agregar a uma região estatisticamente homogênea, em termos de resposta espectral.

O estudo foi realizado no município de Palmas/TO que faz parte da região Norte, com 2.218 km² de extensão territorial, localizado à margem direita do rio Tocantins. Sua sede municipal tem como coordenadas geográficas –10°12'46" de latitude Sul, 48°21'37" de longitude Oeste e altitude média de 330 m acima do nível do mar. Na praça dos Girassóis está situado o centro Geodésico do Brasil.

A cidade de Palmas foi fundada em 20 de maio de 1989, logo após a criação do Tocantins pela Constituição Federal de 1988. Segundo dados censitários do ano de 2010 do IBGE (CENSO DEMOGRÁFICO, 2010), a população de Palmas era de 228.332 habitantes. Segundo a projeção populacional utilizada para o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas, no ano de 2013 a população do município atingiu 249.019 habitantes, ou seja, estima-se um crescimento de 9,06% na população em apenas três anos (PALMAS, 2014).

O setor industrial em Palmas apresenta como característica predominante à atuação da indústria da construção civil e do mobiliário, que propiciam uma elevada geração de resíduos sólidos caracterizados como resíduos de construção civil e de demolição, onde predominam os materiais trituráveis como tijolos, concreto em geral, blocos cerâmicos, rochas, argamassa, telhas, pavimento asfáltico, além de solos, resinas, colas, tintas e materiais facilmente recicláveis como metais, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, gesso, madeiras e outros. Logo evidencia-se a necessidade de um correto gerenciamento desses resíduos, bem como as possibilidades de redução, reutilização e reciclagem desses materiais.

5.5 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE GIR@SSOL

O sistema de apoio à decisão GIR@SSOL foi construído com base nas pesquisas bibliográficas e observações *in loco* do processo de coleta e distribuição dos RCD provenientes da coleta. Com o desenvolvimento deste sistema, busca-se subsidiar o processo de tomada de decisões operacionais (GOLDBARG E LUNA, 2000) dos gestores da área de resíduos sólidos no que se refere à logística dos resíduos sólidos, desde a fase de coleta até a fase de entrega dos resíduos nas unidades coletoras. Especificamente, o sistema computacional apoia as seguintes tarefas:

- Identificar os pontos onde estão alocadas as caçambas de coleta;
- Definir em quais lotes está acontecendo uma obra;
- Estimar a capacidade de trabalho (produtividade) das empresas de caçamba;
- Definir quais e quantas obras não possuem caçambas locadas. Basicamente, o sistema auxiliará a gestão operacional da coleta de RCD por meio da geração, análise e avaliação de possíveis cenários de operação deste tipo de coleta.

5.5.1 Subsistema banco de dados

A premissa básica para a construção do subsistema bando de dados do GIR@SSOL foi a de selecionar dados de vital importância à geração de informações para os gestores, bem como alimentar os modelos matemáticos e de simulação existentes no subsistema modelo. Para o desenvolvimento do banco de dados foram utilizados:

- Trabalhos realizados anteriormente a este estudo;
- Manuais técnicos relativos à área de gestão de resíduos sólidos;
- Entrevistas e questionários para levantamento de requisitos junto a SEDUMAH e as empresas locadoras de caçamba.

5.5.2 Subsistema modelo decisório

O subsistema modelo do GIR@SSOL foi concebido utilizando técnicas de modelagem quantitativa: a simulação computacional de eventos discretos e o desenvolvimento de algoritmos para a alocação das obras e das caçambas. A simulação computacional foi utilizada para a determinação das demandas das unidades coletoras, pois as mesmas apresentam um perfil bastante dinâmico de comportamento, basicamente atribuídos a sazonalidades. Os dados de saída do software em questão foram em forma de imagens, onde foi possível a identificação das obras em andamento, com e sem locação de caçambas coletoras, a localização das caçambas coletoras e os locais de depósito irregular de RCD.

Como é uma ferramenta alimentada via internet, foi possível ter o panorama da situação do RCD no município em tempo real, contando com o auxílio dos órgãos responsáveis pela alimentação do software por meio de dados confiáveis. Para validação da ferramenta computacional foi feito o levantamento das obras do ano de 2014, nos meses de janeiro a março, bem como a coleta de informações das empresas responsáveis pela locação de caçambas coletoras de RCD no município de Palmas.

A análise dos dados foi por meio de dados estatísticos, gráficos e ponderações para que por meio deste estudo, tenha-se a validação dos resultados. O software tem seu módulo executável construído em Python 3.3.2, com o auxílio das bibliotecas Gdal 1.1.0, Matplotlib 1.3.0, e Tkinter 3.3.2. Os dados de saída do software em questão são em forma de imagens, onde foi possível a identificação das obras em andamento, com e sem locação de caçambas coletoras, a localização das caçambas coletoras e os locais de depósito de RCD.

5.5.3 Subsistema interface (diálogo)

Antes da apresentação do processo de desenvolvimento da interface do GIR@SSOL, foi apresentada uma definição do que se entende por interface, segundo a ênfase do desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão. Aprender a usá-los geralmente implica em investimento razoável de tempo. Uma boa interface torna a interação com o sistema mais fácil de aprender e usar. Em outras palavras, a interface pode influir, positivamente ou negativamente, na produtividade do usuário, que nem sempre prefere um sistema com mais recursos ou eficiência do ponto de vista computacional.

Para o desenvolvimento do subsistema interface do GIR@SSOL foi levada em consideração a amigabilidade (user-friendly), para facilitar a interação com possíveis usuários finais (gestores da área de resíduos sólidos) que não possuem a obrigação de serem especialistas na área computacional. Basicamente, o funcionamento da interface quando da utilização do sistema de apoio à decisão, deu-se da seguinte forma: os usuários, representantes das empresas de caçambas alimentam o software com os locais onde as mesmas possuem caçambas locadas; os usuários representantes da prefeitura alimentam o software com as obras que tiveram seus processos aprovados para iniciar a construção, o mapa com a localização de pontos de deposição de RCD será revisado de acordo com as solicitações.

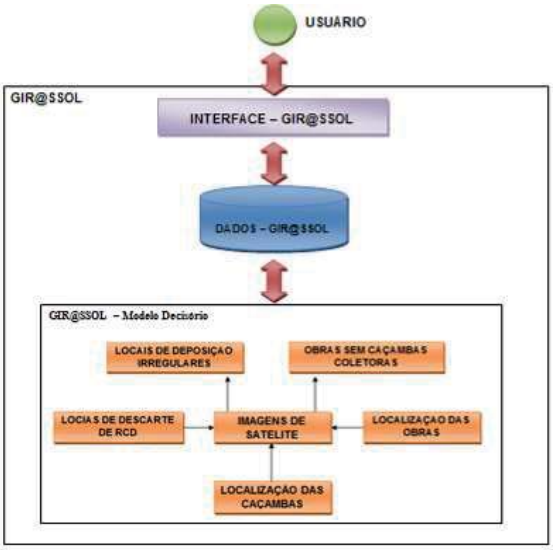
5.5.4 Validação do GIR@SSOL

O sistema GIR@SSOL consiste do desenvolvimento de modelos quantitativos e de simulação para auxílio ao planejamento operacional da coleta de RCD. Como um modelo pode ser definido como uma “representação do mundo real” (Goldbarg, 2000) é desejável que o comportamento da representação seja o mesmo (ou mais próximo possível) da realidade em questão, sobre determinadas condições especificadas. A esse processo denomina-se validação. Na primeira fase de validação (modelo conceitual), foram utilizados dados coletados na SEDUMAH do município de Palmas, combinados a entrevistas e questionários com empresas da área e, também observações in loco do processo.

Na implementação foram validados cada módulo separadamente e, posteriormente foi desenvolvida a validação integral do GIR@SSOL. Dados reais foram utilizados para a validação do módulo de simulação.

A validação de face do GIR@SSOL foi desenvolvida com a participação de potenciais usuários do sistema (acadêmicos e profissionais), que após receberem instruções sobre o funcionamento, o utilizaram com intuito de verificar a facilidade de uso do mesmo. O principal objetivo da validação de face foi alcançar consistência entre as visões do analista do sistema/modelador e a do usuário potencial do modelo de um modo oportuno e efetivo em custo. Para a execução da validação do GIR@SSOL como um todo, foram desenvolvidos estudos de caso com dados reais do processo de coleta de RCD de Palmas. O fluxograma da metodologia utilizada pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1 - Relação entre os subsistemas do GIR@SSOL.



Dos questionários aplicados às empresas de coleta e transporte de entulhos foram extraídos o volume médio recolhido por cada empresa durante o primeiro bimestre do ano de 2014, as locações das obras atendidas durante esse mesmo período e o ponto de destinação desse material. A Associação Tocantinense de Transporte de Entulhos e Resíduos (ASTETER), possui atualmente 11 empresas vinculadas, destas 7 foram cenário do nosso estudo, mas somente 4 retornaram o questionário.

O volume de despejo mensal de cada empresa foi obtido através da ASTETER que disponibilizou para cada empresa um vale-contêiner, e, essa de posse desse documento, teve acesso à área destinada pela prefeitura para despejo dos resíduos. A locação das obras atendidas foi obtida diretamente nas empresas de transporte de entulhos por meio dos questionários.

A prefeitura contribuiu com o desenvolvimento da pesquisa disponibilizando todos os endereços das obras em execução durante o período de tempo em estudo, esse dado foi possível considerando que a legalização de uma obra é realizada via alvará de construção,

retirado na Secretaria de Habitação. Com a combinação desses dados é possível observar três distintas situações:

- Obras licenciadas sem coleta de resíduos sólidos;
- Obras licenciadas com coleta de resíduos sólidos;
- Obras com coleta de resíduos sólidos sem licenciamento da prefeitura.

A primeira situação foi resultado da relação das obras em execução licenciadas pela prefeitura que não estão presentes na relação de atendimento das empresas licenciadas. A segunda foi resultado das obras presentes tanto na relação de obras licenciadas pela prefeitura quanto na relação de atendimento das empresas associadas. A terceira foi resultado da relação de obras sendo atendidas pelas empresas de coleta, mas que não estão presentes na relação de obras em execução licenciadas pela prefeitura.

Alguns mapas, ou planos de informação, setoriais foram utilizados para ilustrar os polígonos, lotes cadastrais, entidades vetoriais fornecidas pela Secretaria de Habitação e Infraestrutura de Palmas, onde foi possível observar essas situações (Prefeitura de Palmas - http://geo.palmas.to.gov.br/). A diferenciação das cores vermelhas e azuis representam respectivamente a ausência e a confirmação em um destes mapeamentos situacionais discerníveis (Figura 3). Neste aqui exemplificado como a Situação A: Obras com e sem coleta de resíduos sólidos. Deste modo a cor azul representaria os loteamentos cadastrados que são contemplados com coleta de RCD, conquanto aqueles que se manifestarem com classe vermelha enquadram-se como unidades onde não há coleta de RCD. Outras temáticas são visitadas em outro plano de informação de intensa importância para a organização político administrativa, e para os outros diversos segmentos da sociedade deste sócio ecossistema urbano em avaliação diagnóstica, local, trabalhados em uma perspectiva de situação B: Obras com ou sem licenciamento da prefeitura.

5.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa GIR@SSOL 1.1.0, concebido em linguagem computacional Python, tem seus módulos abertos e gerenciáveis. A criação de cada módulo foi necessária para que tanto a diagramação quanto a interface do programa fossem de fácil entendimento e aceitação por parte dos usuários. Em primeira instância, em função do primeiro acesso do usuário, tem-se o formulário de preenchimento para cadastro. Inicialmente, constitui-se de uma mensagem de boas-vindas e algumas orientações necessárias para a segurança e facilitação da acessibilidade à interface do programa GIR@SSOL 1.1.0, que mantém contato direto com o banco de dados do laboratório de resíduos sólidos da Universidade Federal do Tocantins (LABRESOL). Sendo esta recomendação uma característica de indução do analista de sistemas para uma seção de logagem à inicialização. Para tanto, em virtude dos devidos cuidados com os planos de informação editáveis no referido diretório de compartilhamento de registros, se faz de extrema importância o deferimento de uma senha e de um identificador.

Em caso do operador não possuir um identificador e uma senha, o mesmo se posiciona eventualmente condescendente ao preenchimento de um formulário de suas informações cadastrais e eventuais intenções comerciais ou acadêmicas. O programa apenas formula no servidor o estoque dos parâmetros inseridos para que futuramente venha a ter acesso somente às atribuições que lhe forem permitidas pela política de restrições indicada pelo LABRESOL.

Assim sendo, tem-se como resultado preliminar a diferenciação usuária para os segmentos variados da sociedade, pois há informativos que devem ser manipulados unicamente pela entidade responsável pelo software, bem como de outros que podem ser rearranjados ou estruturados arbitrariamente, com o intuito de assegurar a manutenção e

consistência de qualidade do banco de dados do servidor em prover-se de uma adequada ferramenta técnica e construtiva, supervalorizado por todos os segmentos sociais, que são aqui teorizados como favoráveis à responsabilidade compartilhada pelos resíduos sólidos urbanos. Os dados de coleta cadastrais do usuário notados variam desde nome, CPF/CNPJ, senha (para acesso), confirmação da senha (com máximo de oito caracteres), endereço, estado, cidade, dentre outros elementos.

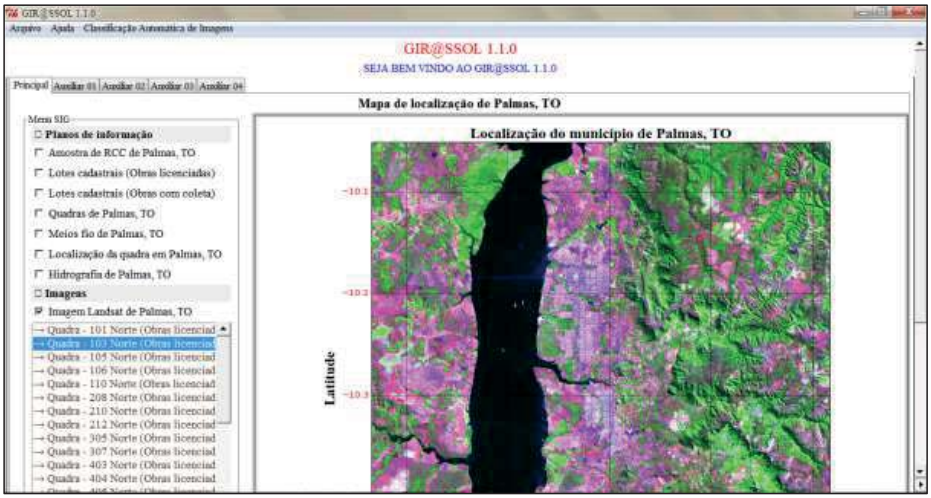
Ao preencher o denotado formulário, por intermédio da seção "*Login*", permite-se o acesso, ao protótipo do software de GIR@SSOL 1.1.0 do LABRESOL, campus Palmas. Ao acessar, o usuário é direcionado à interface, que imediatamente dispõe-se de uma apresentação inicial do programa. A mesma é estratificada em quatro abas, a aba principal trata do compartilhamento e edição de informações sobre os RCDs de Palmas. Com a aba inicial ativa, nesta primeira versão nominada de aba Principal, dois contêineres gráficos são disponíveis para apreciação. Todavia, apenas um terceiro é visualizado com o mover da barra de rolagem para baixo, posto que, se caracteriza como o último, no sentindo de cima para baixo, elemento, widget, computacional ofertado.

O primeiro compartimento gráfico, individualizado à direita da Figura 2, é o denominado "Menu SIG", uma alusão a um portátil sistema de informações geográficas, concebido unicamente para tratamento geográfico dos dados de resíduos sólidos de origem civil, dentre estes, na presente aba que compete aos RCDs, o condescendente ao licenciamento das obras de construção civil e ao seu diagnóstico quanto a coleta e a disposição de materiais residuais. Portanto, deduz-se que não há na interface uma possibilidade de indexar os planos de temáticas diferenciadas.

Assim sendo, o "Menu SIG" se pormenoriza em duas instâncias primárias, uma contendo planos de informações vetoriais e a outra matriciais, auxiliares de orientação do componente usuário definidas por imageamentos de relativa precisão espacial, do município de Palmas. Nota-se uma segunda caixa com barra de rolagem, postado aqui como elemento final e interno deste menu de gerenciamento de resíduos sólidos, contendo todas as regionalidades, por quadra, do Plano Diretor de Palmas, instituído pela Lei nº 468 de 06 de Janeiro de 1994. Cada uma destas quadras, nominadas, ao serem selecionadas no "Menu SIG", reestruturam as demais camadas de informação, para contenção, acréscimo, decréscimo ou edição, e acesso, consulta, das amostras residuais setorizadas, entidades geométricas contextualizadas, para o identificador (lotes cadastrais, células de disposição e dentre outros) selecionado.

Logo, na Figura 2 é notável a seleção, em azul, da quadra em exemplificação 103 Norte, o que pressupõe que o item "Plano de informações" será regido pela localidade referida. Num segundo compartimento gráfico, percebe-se o aqui chamado de campo de visualização gráfica dos planos de informação. Nestes são perceptíveis as entidades vetoriais em um plano de coordenadas geográficas, com projeção definida no Sistema de Coordenadas Geográficas, com SIRGAS 2000.

Figura 2 - Módulo de apresentação inicial do programa GIR@SSOL, com o plano de informação matricial ativado “Imagem de Palmas/TO”.



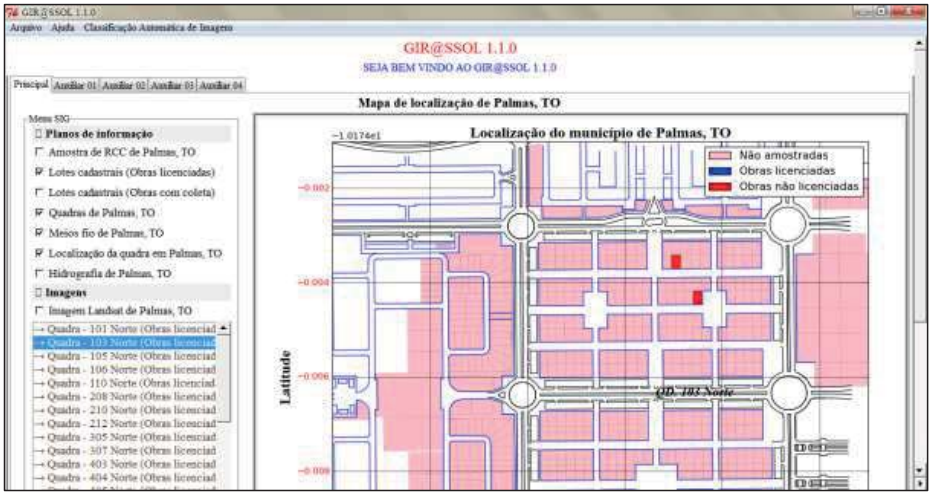
Em busca de valores amostrais, algumas estratégias são correntes, embora não figuradas neste construto, quanto a definição das células de disposição de resíduos de construção civil, que são estimáveis pela fotointerpretação das imagens de satélite convencionais, gratuitamente distribuídas para a sociedade por intermédio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Este plano de informação, não ajustável é passível de se tornar substrato de desenvolvimento de um algoritmo de reconhecimento de padrões por aprendizagem, no menu principal anunciado como “Classificação automática de imagens”. Para com esta funcionalidade e para com a objetivação de orientação espacial do usuário pelas quadras selecionadas no “Menu SIG”, impõe-se no banco de dados administrado por este uma imagem amostrada do INPE, produto do imageamento do satélite conhecido como Landsat 8. Em consonância com esta, algumas assinaturas espectrais são reconhecíveis como áreas de disposição, regulares ou não, formados numa avaliação preliminar durante um estudo paralelo à formação desta plataforma multiusuário.

Nota-se que para acesso à imagem e ao estudo de identificação vetorial preliminar, produto de uma fotointerpretação do LABRESSOL, o componente usuário apenas tem de selecionar respectivamente o primeiro botão de checagem da subseção “Imagem” do “Menu SIG”, denominado “Imagem Landsat de Palmas e o primeiro botão de checagem da subseção “Planos de Informação” do “Menu SIG”, o consagrado “Amostra de RCD de Palmas”. Posto que, este será resultado de uma metodologia à parte, porém complementar. O acesso à edição de operação deste plano, bem como ao módulo a ele atribuídos, designado no menu principal como “Classificação automática de imagens”, terá reconhecimento automático de padrões de disposição de células a partir de configurações foto interpretadas. Esse procedimento não é aqui descrito detalhadamente, pois ainda não se encontra adequadamente construído, por falta de imagens de maior precisão espacial, nesta primeira versão do GIR@SSOL.

Com estes planos de informação formulados separadamente das análises situacionais metodologicamente colocadas em proposição, com botões de checagem não mais selecionados, e, portanto, não mais graficamente vislumbrados, recomenda-se que o consultor do banco de dados do LABRESSOL selecione os botões de checagem de “Lotes cadastrais (Obras licenciadas)”, em concomitância ao ilustrado na Figura 3, além de outros

complementares que contém os meios fios e as quadras de Palmas, postos estes últimos como orientadores gráficos para maior interpretação do componente usuário da regionalidade representada no campo de visualização temática. Um diferencial característico destes planos de informação relatados está na emissão de uma legenda das classes amostrais no canto superior direito do campo de visualização.

Figura 3 - Camada de informação "Lotes cadastrais (Obras licenciadas)" ativa, em "Planos de Informação", do "Menu SIG" do programa GIR@SSOL.

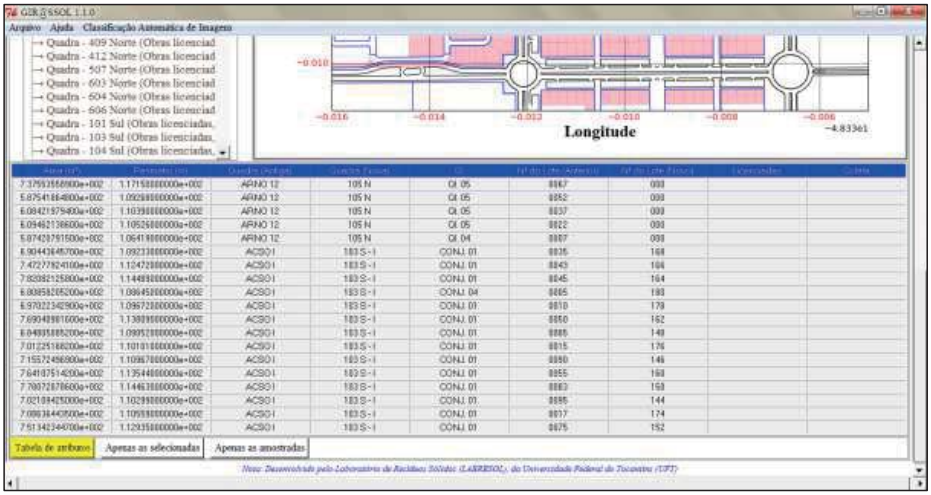


A Figura 4 apresenta os últimos elementos compilados na aba principal. Em destaque para a tabela de atributos, que fornece caracteres diagnósticos de cada lote da quadra selecionada no “Menu SIG”. Nesta planilha são enunciados todos os atributos de cada lote registrado pelo Plano Diretor de Palmas, fornecido pela Secretaria de Habitação do referido poder público municipal. Estas qualificações diferem todas as unidades territoriais (lotes) em particularidades, de referência geográfica, adotadas no presente e em outra determinação legislativa anterior, como identificadores, setores de abrangência local, quadras, regiões (norte e sul) e etc., em características geométricas, como perímetro e área dos lotes, e em alusão às temáticas de maior relevância nesta discussão tutorial denotadas, como a confirmação ou não confirmação de coleta nas obras instaladas por lote e como a diagramação dos licenciamentos das ditadas obras em efetivação. Para tanto o usuário do programa GIR@SSOL terá apenas de selecionar o botão “Tabela de atributos”, grafado, uma vez quando selecionado, em amarelo na Figura 4. Este recurso se dispõe de um inconveniente traduzido na listagem de todos os loteamentos compostos no plano diretor de Palmas. Assim sendo, este botão selecionado, não reduz a matriz aos lotes com diferenciação temática.

Uma alternativa de cenário para esta problemática está na seleção dos botões adjacentes ao botão de “Tabela de atributos”, o botão “Apenas as selecionadas” e o botão “Apenas as amostradas”. Com a seleção de “Apenas as selecionadas”, o usuário pode selecionar nas entidades geométricas dos planos de informações, no container de visualização gráfica dos mesmos, e seus respectivos atributos se anunciaram tabelados. Com esta aplicação, as tabelas, uma vez editadas por um componente usuário cadastrado com permissão emitida pelo laboratório de resíduos sólidos, poderá atribuir qualidades às únicas entidades geométricas selecionadas, e por esta razão reclassificar tematicamente o campo de visualização dos planos de informação supracitado. Dada as necessidades do usuário também

se percebe que este em outras eventualidades tenderá a reeditar a informação direcionada naqueles lotes com dados de ausência ou presença de licenciamento das obras, e de coleta, bem como da empresa que a realiza, colunas da tabela de atributos de componentes classificatórios centralizados nesse sistema de informação geográfica restrito. Para tanto, o botão “Apenas as amostradas”, Figura 4, deve ser selecionado.

Figura 4 - Tabela de atributos, com o destacamento das informações cadastrais dos lotes da quadra 103 Norte, selecionada pelo botão “Tabela de atributos”, em amarelo.

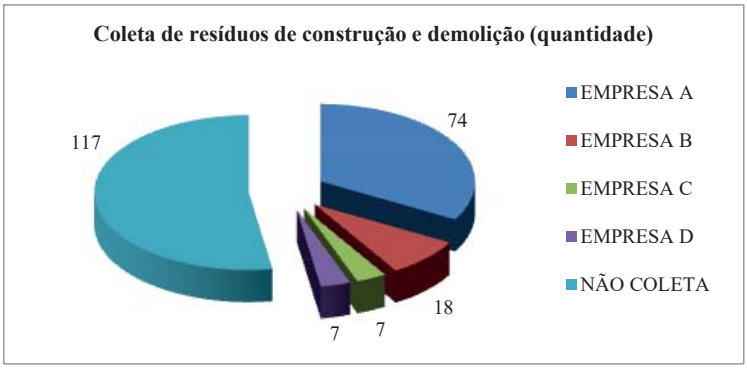


5.6.1 Validação do GIR@SSOL

Quanto à geração dos resíduos de construção civil no período de janeiro a março do ano de 2014 dentro do município de Palmas, obteve-se um volume globalizado de 17500 m³ de entulhos. Estes foram recolhidos por sete empresas do ramo de coleta e transporte de resíduos, por meio de contêineres e despejados em uma área particular licenciada pela prefeitura. Essas empresas fazem parte da Associação Tocantinense das Empresas de Transporte de Entulhos e Resíduos (ASTTER). Pode-se observar esse volume distribuído por empresas durante cada mês. Obteve-se também do estudo realizado a relação de obras em execução durante o período em análise, seus respectivos endereços e suas condições em relação ao licenciamento da prefeitura e a realização ou não da coleta de entulhos por meio das empresas associadas.

Verificou-se um total de 223 obras em execução, distribuídas dentro do plano diretor e bairros de Palmas, dessas 148 possuíam licenciamento de construção, aproximadamente 66% do total de obras. Das 223 obras, 118 não possuíam coleta regular, cerca de 53%. De acordo com a Figura 5 a "EMPRESA A" foi a responsável por 52,5% do atendimento de coleta e transporte e desta, foi retirada um volume diário por obra durante os meses em estudo.

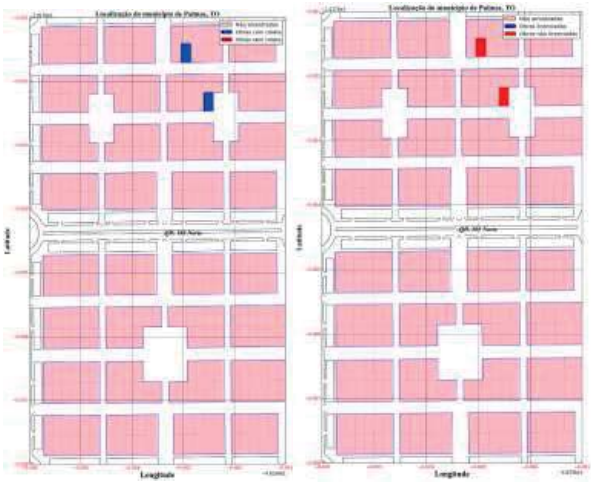
Figura 5 – Quantidade de coleta e transporte de resíduos de construção e demolição em Palmas em janeiro e fevereiro de 2014.



Dentro da região do Plano Diretor Norte de Palmas, foi retirado pela "EMPRESA A" um volume 745 m³ de entulhos no mês de janeiro e 830 m³ no mês de fevereiro. Do Plano Diretor Sul foi recolhido pela mesma empresa durante o mês de janeiro o volume de 1635 m³ e em fevereiro 1550 m³ de entulhos. Dos bairros, fora do plano diretor, em janeiro foram recolhidos 150 m³ e em fevereiro 230 m³ de entulhos, totalizando nos dois meses um volume de 2530 m³ em janeiro, e 2610 m³ em fevereiro.

A Figura 6 estratificada convenientemente em (a) e (b), compõe-se dos resultados da combianação dos dados da prefeitura, que é a relação das obras em execução licenciadas e dos dados obtidos das empresas de coleta para quadra em exemplificação, 103 Norte e suas proximidades. Nele, estão pontuados os três distintos casos verificados no desenvolver da pesquisa: obras licenciadas com coleta; obras licenciadas sem coleta, e; obras não licenciadas com coleta.

Figura 6 - Mapas editados, produto do software GIR@SSOL.



(a) (b)

5.6.2 A ferramenta GIR@SSOL comparada aos softwares SIGOR e Scremin

Um dos pontos fortes do SIGOR é a regularização dos transportadores de resíduos da construção civil, já que, atualmente, muitos transportadores operam ilegalmente, o que, muitas vezes, resulta em descarte irregular dos resíduos. Porém, com o sistema implantado, os geradores só poderão contratar transportadores cadastrados neste e que foram validados pela prefeitura. O sistema também permite a facilidade ao acesso à informação, agilidade na emissão e no controle de documentos, rastreamento dos resíduos, regularização do transporte e emissão de relatórios.

A ferramenta desenvolvida por Scremin (2007) permite discriminar em planilhas as coletas de campo e assim conhecer o RCD do município avaliado, cadastrar agentes coletores, geradores, áreas de disposição irregular "bota-fora" e aterros, dimensionar sistemas de gestão para pequenos volumes e ter acesso a literatura pertinente ao assunto RCD.

Fazendo um comparativo entre o GIR@SSOL e as ferramentas acima apresentadas pode-se dizer que assim como o SIGOR, o GIR@SSOL tem a regularização dos transportes de resíduos como foco principal, porém a metodologia utilizada é a de cadastramento tanto do gerador como do transportador em uma interface única, fazendo com que os dados se cruzem automaticamente e mostre na tela onde estão os focos de não coleta, podendo ser apresentados na forma de planilhas ou gráficos, por região ou na totalidade do município, assim é possível, em tempo real, avaliar a coleta do RCD.

Em relação ao sistema desenvolvido por Scremin (2007), pode-se verificar que tanto um quanto outro, permite o gerenciamento da quantidade de resíduos gerada no município, porém o GIR@SSOL permite esta avaliação setorialmente, por quadra ou região, o que é vantajoso quando se fala em Sistema de Apoio à Decisão, visto que o local de descarte mais apropriado é aquele que encontrasse mais próximo das fontes geradoras, visando o menor caminho a ser percorrido entre o gerador e o destino final.

O que foi levado em consideração no GIR@SSOL e que nenhum dos outros sistemas mencionou é a questão das obras irregulares, aquelas que não possuem o Alvará de Construção e, por isso, tornam-se invisíveis "aos olhos" do poder público. Estas obras, na maioria das vezes são responsáveis pela coleta não eficaz desses resíduos, portanto, neste caso, é imprescindível o apoio da população, que, ao acessar o sistema poderá informar onde estão as obras que não possuem caçambas para a coleta de resíduos. Analisando-se mais estes dados com os outros já mencionados, permite-se à prefeitura o conhecimento destas obras irregulares.

CONCLUSÕES

De um modo geral pode-se afirmar que há um déficit no gerenciamento de resíduos de construção civil no município de Palmas. Em consonância as demais capitais brasileiras, Palmas está em constante expansão, o que ocasiona a demanda de construções e a geração de resíduos, e este, conforme demonstrado, não está sendo gerenciado adequadamente. O volume de resíduos coletados pelas empresas licenciadas e despejados em local regular é bem menor do que o volume produzido. Ademais, a não realização de triagem para conhecimento da natureza dos resíduos, e, a inexistência de uma usina de reciclagem, torna-os um verdadeiro desperdício, uma vez que poderia reutilizá-los em obras e outros fins.

Tendo em vista que o setor de construção civil é um dos maiores geradores de resíduos sólidos, a gestão dos mesmos torna-se uma prática imprescindível nos dias atuais. No entanto, ressalta-se que os municípios não possuem por completo, uma eficiente disposição desse tipo

de resíduo. Devido a este fato, foi aprovada a resolução CONAMA nº. 307 de 5 de julho de 2002. Tal Resolução estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão ambiental dos resíduos da construção civil, com o intuito de minimizar os impactos que esses causam ao meio ambiente. Além disso, prevê para gestão ambiental na indústria da construção, ações como a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos, práticas de fundamental significado para o meio ambiente, desenvolvimento econômico e para toda a sociedade (BRASIL, 2002).

A ferramenta computacional GIR@SSOL auxiliará na gestão do RCD, gerando informações por meio do SAD. A implantação de um sistema de gestão de resíduos não só contribuirá para o avanço técnico-gerencial dos municípios como também para o uso racional dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, M.S. (2014). Assessment of different construction and demolition waste management approaches. *HBRC Journal*, v.10, p.317-326

BRASIL. (2002). Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução n° 307, de 05 de julho de 2002*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional da Habitação.

BRASIL. (2000). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico, 2000. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm. Acesso em: 05 set. 2013.

CABRAL A. E. B.; MOREIRA K. M. V. Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Programa Qualidade de Vida na Construção. Ciduscon-CE. Fortaleza, 2011.

CARNEIRO F. P. et al. Análise dos benefícios gerados pela implantação de um modelo de gestão de resíduos em canteiros de obras de construção civil na cidade do Recife. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XI, Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2006.

CAVALCANTE L.A.S.; RUFO R.C.; PICANÇO A.P. (2008). Avaliação de impactos ambientais de uma área utilizada para descarte de resíduos da construção civil e demolição na cidade de Palmas/TO. *In:* IX Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – por uma gestão integrada e sustentável. Palmas/TO.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

FREITAS I.M. (2009). *Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP*. 39 p. Dissertação (Mestrado). Centro Universitário de Araraquara. Araraquara/SP.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. (2000). *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Editora Campus, Rio de Janeiro/RJ.

GOLDBARG, M. C. & LUNA, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos, Editora Campus, Rio de Janeiro, 2000.

GONÇALVES R.R. (2011). *Tratamento dos resíduos sólidos da construção civil no município de Ibirité/MG.* 96 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto/MG.

JOHN, V.M. (2000) *Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.* 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo/SP.

LAW, A.M., KELTON, W.D. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. 2ª Ed., McGraw-Hill.

MOREIRA, L.H.H. (2010). *Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural.* Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo/SP.

MOTA, S. (2006). *Introdução à Engenharia Ambiental*. Rio de Janeiro: ABES.

PALMAS. (2014). Plano Municipal de Saneamento Básico. Volume IV: Resíduos Sólidos. Palmas/TO.

Prefeitura de Palmas. http://geo.palmas.to.gov.br/ Acessado em março de 2017.

RODRIGUEZ G.; MEDINA C.; ALEGRE F.J.; ASENSIO E.; SANCHEZ DE ROJAS M.I. (2015). Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, v.90, p.16-24.

SCREMIN, L.B. (2007). *Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte.* 121 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Santa Catarina/SC.

SPRAGUE, R.; WATSON, H. (1991). *Sistemas de Apoio à Decisão: Colocando a Teoria em Prática*. Rio de Janeiro, Campus./RJ.

YIN, R.K. (2001). *Estudo de Caso, Planejamento e Métodos*. Bookman.

6 APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS DE AUXÍLIO AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL – VIGISOL *(SAMUEL DE PAULA FARIA, AURÉLIO PESSÔA PICANÇO, EDUARDO QUIRINO PEREIRA, RICARDO RIBEIRO DIAS)*

RESUMO: A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz vários desafios aos gestores públicos, como o de gerenciar a destinação adequada dos resíduos sólidos objetivando a sua redução, reutilização e reciclagem. Todavia, a geração de resíduos nas últimas décadas tem atingido patamares que tem colocado em xeque a capacidade da natureza de responder a essas demandas. Neste contexto, os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) chegam a representar 60% do total dos resíduos sólidos. A fim de subsidiar a gestão destes, o presente trabalho vem apresentar a criação de um aplicativo para dispositivos móveis em sistema Android para denúncia ou registro do descarte dos RCD de maneira inadequada com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão da gestão pública destes no quesito da disposição final dos resíduos, sendo, por meio destes dados, possível identificar a localização e uma imagem dos RCD do município e assim proceder à tomada de decisões sobre estes. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma *Android Studio* e considerado validado após não apresentar nenhum erro em redundantes testes de exaustão de suas funcionalidades. A implantação deste aplicativo não só contribuirá para o avanço técnico-gerencial dos municípios no que tange aos resíduos de construção e demolição como também para o uso racional dos recursos naturais. A velocidade de disponibilização dos dados de maneira instantânea devido a transmissão via internet, permitem a produção e análise das denúncias de maneira ágil.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição. Aplicativo. VigiSol.

6.1 INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais do planeta ganhou contornos expressivos a partir da segunda guerra mundial. Na mesma proporção, a geração de resíduos das mais variadas espécies, tem atingido patamares nunca antes visto, colocando em xeque a capacidade da natureza de responder a essas demandas (SILVA, 2013).

Neste cenário, o ritmo imposto pelo crescimento econômico aos diversos setores da cadeia produtiva e o consumo cada vez mais barato e intenso, têm causado a geração de vultosas quantias de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). As ausências de políticas públicas efetivas e de metodologias consistentes de gerenciamento e manejo destes resíduos, muitas vezes, propiciam alternativas de solução insuficientes ou não adequadas, o que acaba agravando ainda mais esta problemática. De uma forma geral, entre os resíduos que compõem a enorme massa de RSU gerada diariamente, verifica-se que grande percentual deve-se àqueles provenientes de atividades ligadas à construção civil (PASCHOALIN FILHO e GRAUDENZ, 2012).

Apesar de atualmente o cenário econômico conduzir a uma redução da atividade de construção, as quantidades de resíduos continuam elevadas com tendências a aumentar nos próximos anos devido às atividades de demolição e reforma que se espera serem preponderantes sobre novas construções em uma situação de crise econômica conforme destaca Ferreira (2013). Tem-se assim um problema no gerenciamento da destinação final de tais resíduos.

Silva (2013) cita que a gestão ineficiente do espaço urbano tem ocasionado graves problemas como o descarte irregular dos resíduos no meio ambiente da cidade sem nenhum tipo de tratamento. O acúmulo destes resíduos nos municípios pode gerar nichos ecológicos de diversas espécies de agentes patogênicos, tais como roedores, baratas, moscas, vermes, pernilongos, fungos, vírus, animais, entre outros.

Neste contexto, torna-se imprescindível a implantação de um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos conforme preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde deverão estar contempladas a coleta seletiva, o sistema de logística reversa, o tratamento e disposição final dos resíduos.

Schneider e Arlindo (2004) cita que uma política pública será tanto mais efetiva quanto maior for a participação da comunidade, exercendo, essa, ativamente seu papel de protagonista da história, as prioridades serão redefinidas. Neste contexto, aplicativos de dispositivos móveis para denúncia de descartes irregulares de resíduos, por exemplo, podem promover e incentivar uma participação mais ativa da população nas políticas públicas.

O presente trabalho vem apresentar, portanto, a criação de um aplicativo para dispositivos móveis em sistema Android para denúncia ou registro do descarte RCD de maneira inadequada com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão da gestão pública destes no quesito da disposição final dos resíduos, sendo, por meio destes dados, possível identificar a localização dos resíduos sólidos de construção e demolição do município e assim proceder à tomada de decisões sobre estes.

6.2 DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS E AS POLÍTICAS PÚBLICAS

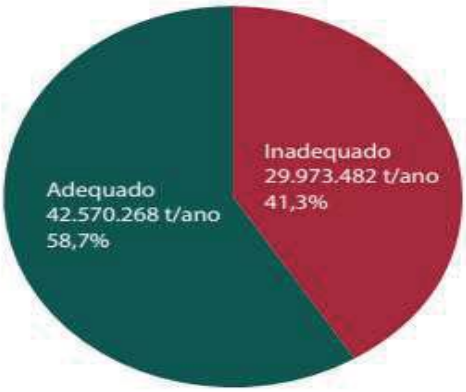
Mesquita (2012) destaca que,

> No Brasil, a construção civil é responsável por cerca de 14% do PIB nacional. O setor também é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A indústria da construção civil também gera impactos no meio ambiente com a produção de resíduos, que se tornou um grande problema nas grandes cidades. O entulho chega a representar 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos.

Neste contexto, deve-se dispor de atenção especial por parte do poder público e da sociedade a problemática da destinação final dos RCD, visto que, segundo Silva e Fernandes (2012), a deposição em locais inadequados de RCD sem a utilização de técnica (ver resolução 307/02 do CONAMA e ABNT NBR 10.004/04) é um problema que traz consequências significativas para a sociedade propiciando a proliferação de pragas urbanas (baratas, ratos, etc.).

ABRELPE (2015) informa que no ano de 2015 41,3% dos RSU tiveram destinação inadequada conforme pode se observar na figura a seguir.

Figura 1. Destinação dos RSU no Brasil.



Fonte: (ABRELPE, 2015).

Este mesmo autor ainda destaca que,

> No tocante à disposição final, houve aumento em números absolutos e no índice de disposição adequada em 2015: cerca de 42,6 milhões de toneladas de RSU, ou 58,7% do coletado, seguiram para aterros sanitários. Por outro lado, registrou-se aumento também no volume de resíduos enviados para destinação inadequada, com quase 30 milhões de toneladas de resíduos dispostas em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. A prática da disposição final inadequada de RSU ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios ainda fazem uso desses locais impróprios.

Silva (2013) cita que a gestão ineficiente do espaço urbano tem ocasionado graves problemas como o descarte irregular dos resíduos no meio ambiente da cidade, sem nenhum tipo de tratamento. O acúmulo destes resíduos nos municípios afeta diretamente a saúde e a qualidade de vida das pessoas que vivem nesses aglomerados humanos poluindo corpos hídricos, solo, degradando a paisagem e tornando-se ainda nicho ecológico de diversas espécies de agentes patogênicos, tais como roedores, baratas, moscas, vermes, pernilongos, fungos, vírus, animais, entre outros.

Paschoalin Filho e Graudenz (2012) ressalta que embora a responsabilidade pela destinação correta dos resíduos seja do gerador, seja ele público ou privado de acordo com a resolução CONAMA 307 de 2004, pequenos geradores não respeitam essa determinação, causando situações de deposição desse material em vias públicas, terrenos baldios ou a beira de córregos o que estimula a criação de pequenos lixões a céu aberto.

Oliveira (2002) e Bucci (2002) destacam que a solução de tais problemas que envolvem a geração, coleta e disposição final dos RSU, depende da criação de "políticas públicas". Schneider e Arlindo (2004) ainda declara que a maioria das ferramentas usadas nas políticas públicas de minimização dos RCD pode ser implantada em vários estágios do processo de construção, projeto, demolição e manejo dos resíduos. Schneider e Arlindo(2004) cita que uma política pública será tanto mais efetiva quanto maior for a participação da

comunidade, exercendo, essa, ativamente seu papel de protagonista da história, as prioridades serão redefinidas.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de trabalho adotada para o desenvolvimento do aplicativo foi desenvolvida em cinco etapas descritas a seguir e, para a validação deste, foi utilizada a aplicação de estudo de caso (YIN, 2001). A metodologia consiste basicamente das seguintes etapas:

1) Revisão bibliográfica sobre os RCD (legislação, metodologias de caracterização quantitativa e qualitativa, normas, formas de gerenciamento, entre outros) e sobre a programação em Java para Android;
2) Organização dos conhecimentos adquiridos, estruturando os objetivos a serem atingidos e os procedimentos para o atendimento deles;
3) Desenvolvimento da solução pela construção de um modelo formal capaz de representar o problema;
4) Implementação computacional da solução utilizando-se o *software Android Studio* para desenvolvimento do aplicativo;
5) Validação da solução por meio de testes.

6.3.1 Etapa 1 - Revisão bibliográfica sobre os RCD e linguagem Java para Android

Para o desenvolvimento da primeira etapa do trabalho foi realizada uma extensa revisão bibliográfica através de consultas a trabalhos acadêmicos, periódicos, páginas na internet, leis, normas técnicas, cartilhas, manuais e guias técnicos, a fim de buscar embasamento teórico e maior compreensão sobre o assunto. Entre o material examinado para a revisão bibliográfica sobre os RCD destaca-se Monteiro e Zveibil(2001), Pinto e Gonzales(2005) e Santos, Pinto e Catunda(2015).

Dentre o material consultado para o estudo da linguagem Java para Android destaca-se os tutoriais constantes no *site* de desenvolvedores oficiais da plataforma móvel Android(ANDROID, 2015), o livro Android para Programadores: Uma abordagem baseada em aplicativos (DEITEL, DEITEL e DEITEL), assim como Soro (2015).

6.3.2 Etapa 2 - Organização dos conhecimentos adquiridos e estruturação dos objetivos

A revisão bibliográfica sobre os RCD permitiu a identificação de uma problemática no que tange a gestão destes que foi a de identificar a localização dos RCD descartados de maneira inadequada. Além disso, permitiu a inferência de que, além dos dados de localização, urge um registro fotográfico do resíduo a fim de que haja uma triagem visual prévia para enquadramento deste.

Posteriormente, estes dados serão enviados para um servidor com a finalidade de que um sistema de apoio à decisão possa importá-los e auxiliar a tomada de decisão no que concerne a este resíduo. A ferramenta utilizada para este fim deverá ser validada com testes exaustivos a fim de que se comprove a funcionalidade desta e seja realizada a correção de possíveis erros antes de sua disponibilização.

6.3.3 Etapa 3 - Desenvolvimento da solução pela construção de um modelo formal

Para atender os objetivos supracitados deveria ser utilizada uma ferramenta de uso coletivo e de fácil acesso para a população. É fato que a sociedade moderna vive na era da conexão com os dispositivos móveis. Estes se tornaram em uma das tecnologias de comunicação de mais rápido crescimento (MOURA, 2009). Neste sentido, propôs-se para a solução da problemática indicada um aplicativo para dispositivos móveis. Para este fim, o aplicativo deverá possuir as seguintes funcionalidades básicas: Identificação da Localização (Coordenadas do GPS ou Registro Manual); Registro Fotográfico; Envio dos Dados ao Servidor.

6.3.4 ETAPA 4 - IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DA SOLUÇÃO

A implementação computacional da solução fora divida em três sub-etapas: a) Interface do Aplicativo; b) Desenvolvimento do Aplicativo e; c) Banco de Dados MySQL.

Cada sub-etapa é detalhada a seguir.

6.3.4.1 *Interface* do Aplicativo

Uma boa interface torna a interação com o sistema mais fácil de aprender e usar. Em outras palavras, a interface pode influir, positivamente ou negativamente, na produtividade do usuário, que nem sempre prefere um sistema com mais recursos ou eficiência do ponto de vista computacional.

Para o desenvolvimento da interface do aplicativo foi levado em consideração a amigabilidade (*user-friendly*) e simplicidade para facilitar a interação com possíveis usuários finais (gestores da área de resíduos sólidos) que não possuem a obrigação de serem especialistas na área computacional.

O funcionamento da interface dá-se, basicamente, em três procedimentos simples executados por três botões de acordo com a seguinte sequência:

1) Botão de Localização: O usuário, que pode ser um cidadão comum ou servidor da prefeitura clica no botão localização para pegar automaticamente sua localização no GPS (coordenadas) ou digita o endereço manualmente;
2) Botão de Registro Fotográfico: Este botão será liberado ao ser identificado um registro de endereço. Ao clicar neste botão será apresentado ao usuário uma caixa de diálogo para que este escolha entre duas opções para o registro fotográfico são estas a opção de utilizar a Câmera ou escolher uma foto já registrada na Galeria;
3) Botão de Envio dos Dados: Este botão será liberado ao ser identificado um registro fotográfico válido. Com os registros de endereço e imagem efetuados quando o usuário clicar neste botão o aplicativo fará a conexão com o banco de dados e posteriormente o envio dos dados a este. Após concluir o encaminhamento dos dados com sucesso o usuário será conduzido a uma nova *interface* aonde será exibida uma mensagem informando o sucesso deste procedimento. Os dados poderão ser acessados ou importados por um Sistema de Apoio à Decisão utilizado pelo órgão responsável pela gestão dos RCD do município.

6.3.4.2 Desenvolvimento do Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido na linguagem Java para o sistema Android, amplamente utilizado em dispositivos móveis. Para este fim, utilizou-se o *software Android Studio* como plataforma de desenvolvimento da *interface* e programação. Com o desenvolvimento deste aplicativo busca-se auxiliar o processo de tomada de decisões operacionais (GOLDBARG e LUNA, 2000) dos gestores da área de resíduos sólidos do município no que se refere à logística dos RCD. Especificamente, o aplicativo subsidiará o gestor público nas seguintes atividades:

- Identificar os locais no município onde estão dispostos RCD de maneira inadequada;
- Identificar a obra ou responsável na localidade pelo despejo inadequado dos RCD;
- Tomada de decisões operacionais quanto àquele RCD.

Basicamente, o sistema auxiliará a gestão operacional da coleta de RCD por meio da identificação do local e responsável pelo despejo. Ainda como um objetivo secundário permitirá que o município confronte os dados de localização do RCD com os endereços que possuem alvará de construção válidos possibilitando assim a identificação se a obra possui ou não um engenheiro responsável para gerir descarte do RCD.

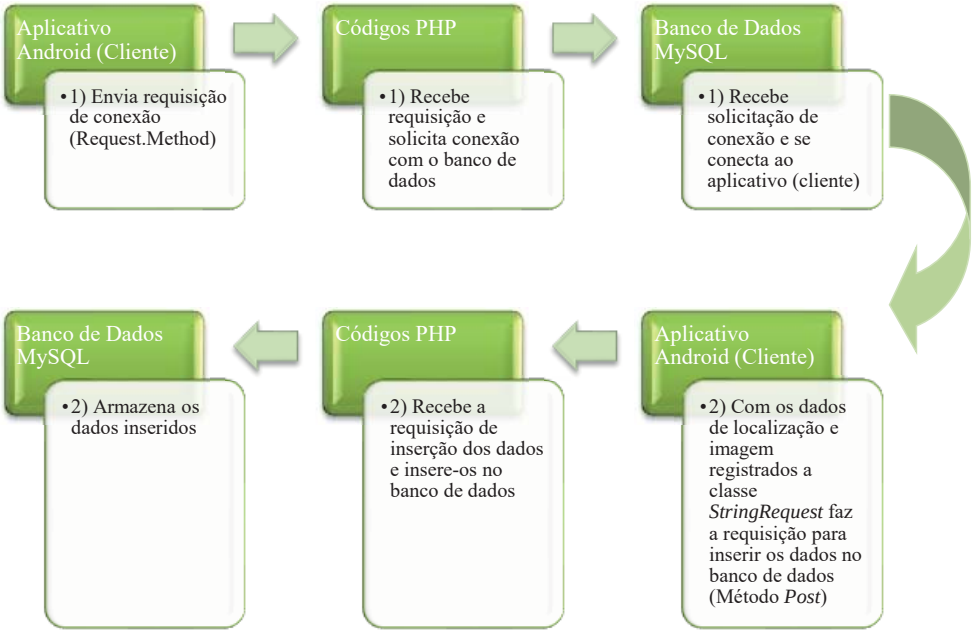
6.3.4.3 Banco de Dados *MySQL*

A premissa básica para o desenvolvimento do banco de dados do aplicativo foi a de selecionar os dados necessários aos gestores para os fins propostos de identificação dos locais de despejo de RCD de maneira inadequada. Assim, identificou-se como necessário para este fim dois dados básicos: localização e imagem do resíduo. O primeiro dado, a localização, justifica-se para que o gestor possa ter um mapeamento das regiões de descarte, podendo, dessa forma, dispor de ações estratégicas por região e para a identificação do local a fim de que haja ações mitigadoras ou de fiscalização neste.

O segundo dado, a imagem, justifica-se para possibilitar uma ação de triagem prévia e enquadramento do tipo de resíduo a fim de auxiliar na tomada de decisão preliminar sobre este. O banco de dados foi desenvolvido em *MySQL* sendo que, para este fim, foram utilizados os tutoriais constantes no *site* de desenvolvedores oficiais da plataforma móvel Android (ANDROID, 2015), assim como (DEITEL, DEITEL e DEITEL, 2015) e (SORO, 2015). A conexão e transmissão dos dados registrados pelo aplicativo para o *MySQL* deu-se por meio de *scripts* escritos na linguagem PHP, utilizando-se da biblioteca do *Volley* do Android Studio.

Segundo Soro (2015), *Volley* é uma biblioteca HTTP que proporciona as aplicações Android uma maneira de manejar as redes mais simples e rápida. O esquema de conexão encontra-se ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Esquema de Conexão e Armazenamento MySQL via PHP.



Fonte: Autor

A Figura 2 ilustra o esquema de conexão (1) e armazenamento (2) que ocorre da seguinte forma: O cliente (aplicativo) envia uma requisição de conexão ao servidor através da classe *Request.Method*. A classe *Response* contém os dados que serão encarregados de manipular as requisições HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto) realizadas ao servidor. Posteriormente, a classe *StringRequest* faz a chamada à solicitação HTTP que se encarregará de inserir (método POST) os dados no banco de dados MySQL (SORO, 2015).

6.3.5 Etapa 5 - Validação da Solução Por Meio de Testes

O aplicativo VigiSol consiste do registro de dados de localização e imagem dos RCD para auxílio à gestão destes, representando dessa forma um modelo dos dados coletados em campo. Como um modelo pode ser definido como uma "representação do mundo real" (GOLDBARG; LUNA, 2000), é desejável que o comportamento da representação seja o mais próximo possível da realidade em questão, sob determinadas condições especificadas. Para atingir este fim, espera-se que o aplicativo não venha a apresentar erros no seu uso, representando e transmitindo dessa forma com fidelidade os dados registrados em campo.

Para a validação do aplicativo foram realizados diversos testes consecutivos em diversas regiões do município de Palmas-TO e arredores exaurindo as funcionalidades dos módulos desenvolvidos. O principal objetivo da validação é alcançar consistência entre as

visões do analista do sistema/modelador e a do usuário potencial do modelo de um modo oportuno e efetivo em custo.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo *VigiSol*, desenvolvido na linguagem computacional Java para o sistema operacional Android, tem seus módulos abertos e gerenciáveis. Foi concebido com duas classes, a classe MainActivity, que é a principal, e a classe Localização Activity, as quais compõem diversos módulos descritos na Tabela 2 apresentada a seguir. A Modularidade consiste na divisão do software em componentes nomeados separadamente e endereçáveis, muitas vezes chamado de módulos (VALENTE, 2007). Esta prática simplifica a manutenabilidade do sistema e é altamente recomendável no desenvolvimento de aplicativos.

Tabela 1. Módulos do aplicativo VigiSol

Módulo	Descrição	Classe
onCreate (BundlesavedInstanceState	Módulo responsável por recuperar a referência dos objetos criados	MainActivity/ LocalizacaoActivity
StringgetStringImage (Bitmap bmp)	Decodifica a imagem do formato Bitmap para um binário	MainActivity
uploadImage ()	Realiza o upload da imagem e do endereço através do método StringRequest	MainActivity
showFileChooser ()	Invoca o *Intent* para acionar a câmera	MainActivity
onActivityResult	Recebe os dados retornados após o uso da câmera	MainActivity
onClick (View v)	Trata a ação desencadeada pelo clique de cada botão	MainActivity
finalizar ()	Finaliza o aplicativo após o envio dos dados ser confirmado	MainActivity
LocationManagergetLocationManager ()	Busca as coordenadas da localização atual com o GPS	LocalizacaoActivity
onLocationChanged (Locationlocation)	Atualiza a localização se houver mudança de posição	LocalizacaoActivity

Fonte:Autor.

Além dos módulos supracitados, também foram desenvolvidos duas rotinas na linguagem PHP para a conexão e envio dos dados ao banco de dados MySQL. O banco de dados utilizado foi hospedado em KingHost (2017) que é um *site* de hospedagens de amplo uso pelos desenvolvedores.

O aplicativo foi desenvolvido para ser utilizado em três etapas, as quais são: Pegar a localização atual; Tirar ou selecionar uma foto; Enviar os dados ao servidor. A fim de deixar o uso deste processo mais intuitivo, os botões de Foto e Envio são inicialmente ocultos, e serão

liberados à medida que o fluxograma for seguido, ou seja, a única opção inicial para o usuário será o botão de localização para buscar a localização atual ou digitar esta manualmente em caso de algum problema com o GPS ou ainda caso o usuário queira realizar uma denúncia e não esteja no local do descarte mas possua um registro fotográfico, neste caso este poderá digitar o endereço manualmente. A tela inicial é apresentada a seguir na Figura 3.

Figura 3. Tela inicial.

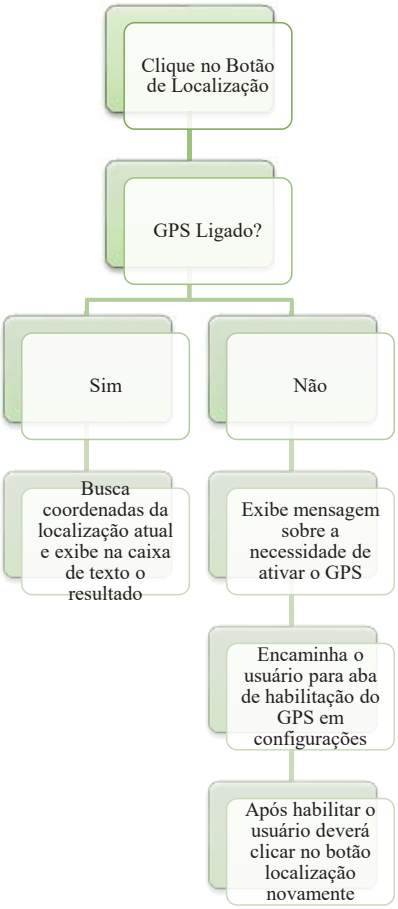
Fonte: Autor.

Conforme pode se observar na Figura 3, o aplicativo exibe orientações ao usuário para iniciar o processo de registro da denúncia. A mensagem exibida é “Clique no botão abaixo para iniciar buscando sua localização ou digite manualmente se preferir!”. O ideal seria manter somente a função de busca da localização automática pelo GPS a fim de padronizar e facilitar o tratamento de dados ao Sistema de Apoio a Gestão receptor destes. Todavia, a opção de digitar o endereço manualmente é importante a fim de que não se limite o uso nas seguintes situações:

1) Registro a partir de uma região que não tenha um bom sinal de GPS;
2) Registro a partir de um dispositivo que não tenha o GPS funcionando adequadamente;
3) Registro futuro de uma denúncia sem a necessidade do usuário estar no local.

Assim esta opção de digitar manualmente não impede o registro de uma denúncia nos casos supracitados. Após clicar no botão de localização o seguinte fluxo de análise, ilustrado na figura 4, será desenvolvido.

Figura 4. Fluxograma de Análise do Botão Localização.



Fonte: Autor.

A Figura 5 expõe o caso em que o GPS encontra-se desativado.

Figura 5. Verificação do GPS.

Fonte: Autor.

No caso, a seguinte mensagem será exibida: “Ative o GPS e tente novamente ou digite o endereço manualmente”. Mais uma vez aqui o aplicativo informa a opção de digitar manualmente, importância essa já justificada anteriormente. Após emitir a mensagem o usuário será encaminhado para aba de habilitação do GPS nas configurações do dispositivo conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6. Habilitação do GPS.

Fonte: Autor.

Conforme explanado na Figura 7, o usuário deverá habilitar o GPS para uso da funcionalidade no aplicativo. Após efetuar a ativação o usuário deverá retornar ao aplicativo e clicar novamente no botão para buscar a localização, conforme orientado na mensagem exibida. Após clicar novamente a seguinte mensagem será exibida: “Buscando

Localização...Se preferir digite manualmente". O *feedback* do aplicativo ao usuário dado por meio das mensagens exibidas é importante para melhor experiência deste. A Figura 7 demonstra a *interface* do aplicativo nesta etapa.

Figura 7. Buscando localização com o GPS.

Fonte: Autor.

O tempo de espera para identificação da localização atual poderá variar de acordo com a velocidade e sinal da internet em uso, assim como com a velocidade de processamento do aparelho. Esta etapa ocorrerá diretamente caso o usuário já esteja com o GPS ativado quando clicar no botão. Tendo recebido a localização atual, esta será exibida na tela consoante a ilustração da Figura 8.

Figura 8. Localização Atual.

Fonte: Autor.

A Figura 9 apresenta os dados de localização recebidos pelo GPS, considerou-se aqui o primeiro objetivo específico ("Identificar a localização dos RCD de disposição inadequada") atendido. Ao receber os dados de localização do GPS ou o endereço digitado manualmente o aplicativo irá liberar o botão para o registro fotográfico. Ao clicar neste botão será exibida uma caixa de diálogo com as opções de Câmera ou Galeria. A Figura 9 apresenta a *interface* nesta etapa.

Figura 9. Localização Atual.

Fonte: Autor.

A importância das duas opções apresentadas dá-se para corroborar com a premissa de registro de denúncia posterior anunciada na explicação da Figura 4 outrora, sem o usuário estar, necessariamente, no local. No caso, a qualquer momento o utente poderá registrar um endereço manualmente e buscar uma imagem da Galeria do dispositivo para realizar a denúncia de um descarte inadequado de RCD de uma região periférica do município, por exemplo, que não possua bom sinal de internet para envio imediato desta.

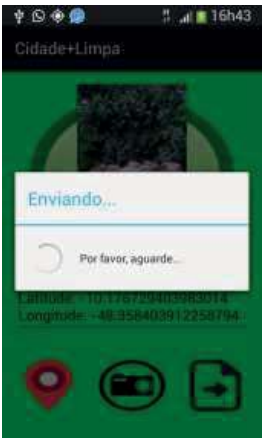
Ao receber dados de imagem do registro fotográfico o sistema irá liberar a opção de envio de dados. A *interface* desta fase é exibida na Figura 10.

Figura 10. Registro Fotográfico.

Fonte: Autor.

A Figura 10 apresenta os dados de registro fotográfico recebidos pelo aplicativo considerando-se, dessa forma, atendido o segundo objetivo específico ("Obter registros fotográficos dos RCD de disposição inadequada"). Depois de liberado o botão de envio o utente deverá clicar neste para concluir o processo de denúncia. A Figura 11 expõe a *interface* após este clique.

Figura 11. Envio de Dados.



Fonte: Autor.

Conforme exposto na Figura 11, após o clique no botão de envios, o sistema informará o usuário sobre o *status* de envio. Novamente, a velocidade de envio dependerá da velocidade da internet e de processamento do dispositivo. Quando o usuário clica no botão de envio o processo apresentado e explicado da Figura 2 entra em execução.

Assim, inicialmente, o cliente (aplicativo) envia uma requisição de conexão ao servidor através da classe *Request.Method*. A classe *Response* contém os dados que serão encarregados de manipular as requisições HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto) realizadas ao servidor. Posteriormente, a classe *StringRequest* faz a chamada à solicitação HTTP que se encarregará de inserir (método POST) os dados no banco de dados MySQL (SORO, 2015). Ao concluir este processo com sucesso será apresentada uma tela de finalização com uma mensagem de confirmação de envio conforme exibido na Figura 12.

Figura 12. Tela de finalização.

Fonte: Autor.

A Figura 12 demonstra que o envio dos dados ao banco de dados no servidor ocorreu com sucesso, atendendo, deste modo, ao terceiro objetivo específico ("Realizar o envio dos dados registrados para um servidor"). Caso ocorra algum erro no envio dos dados será apresentado um mensagem informando o erro ocorrido e o usuário poderá tentar novamente. A Figura 13 a seguir apresenta os dados recebidos no banco de dados MySQL.

Figura 13. Banco de dados MySQL.

+ Opções

←T→				id	foto	endereco
Editar	Copiar	Remover		1	http://samuelpf.we	teste
Editar	Copiar	Remover		2	http://samuelpf.we	Latitude: -10.17706628548294 Longitude: -48.358045...
Editar	Copiar	Remover		3	http://samuelpf.we	Latitude: -10.17832158253672 Longitude: -48.359652...
Editar	Copiar	Remover		4	http://samuelpf.we	Latitude: -10.195289339459451 Longitude: -48.34733...
Editar	Copiar	Remover		5	http://samuelpf.we	Latitude: -10.196256161532581 Longitude: -48.34706...
Editar	Copiar	Remover		6	http://samuelpf.we	Latitude: -10.202967089405915 Longitude: -48.35910...

Fonte: Autor.

Os dados registrados no banco de dados MySQL podem ser exportados para diversos formatos, assim como podem ser importados por um sistema de apoio a decisão para auxiliar a tomada de decisão no que concerne a este resíduo o que possibilita a interoperabilidade entre o aplicativo e outros sistemas o que é de suma importância por não limitar o uso de seus dados a um software específico.

A validação do aplicativo foi realizada com diversos testes consecutivos em diversas regiões do município de Palmas-TO e arredores, buscando sempre exaurir as funcionalidades dos módulos desenvolvidos. Os dispositivos nos quais o aplicativo foi instalado e testado foram o Smartphone Samsung Galaxy J1 Duos, Samsung S3 Mini e o Samsung S5. Dentre estes o único que apresentou problemas foi o Samsung S5 na solicitação de localização pelo GPS. O erro ocorreu devido a alterações no modo de requisição do uso do GPS em novas versões do sistema Android. O erro foi corrigido ao inserir uma chamada ao módulo de busca de localizações com outra condição lógica.

O aplicativo fora considerado validado após não apresentar nenhum erro em redundantes testes de exaustão de suas funcionalidades nos diversos dispositivos supracitados atendendo a sim ao quarto e último objetivo específico ("Validar o aplicativo por meio de testes"). No que concerne ao uso prático do aplicativo *VigiSol,* espera-se que este seja utilizado como um aplicativo de campo pela população em geral ou mesmo pelos servidores do município para alimentar o banco de dados de sistemas de apoio à decisão em *desktops* presentes nas prefeituras municipais, suprindo, assim, uma das maiores problemáticas dos sistemas de gestão de resíduos de construção que é a de identificação dos locais de descarte inadequados.

O uso de dados de localização geográficas permitem a produção e análise das informações espaciais de forma rápida, clara e flexível, auxiliando os tomadores de decisão em relação ao planejamento da gestão dos resíduos (RADA, RAGAZZI e FEDRIZZI, 2013).

CONCLUSÕES

A Gestão Ambiental dos resíduos sólidos da construção civil tem se tornado uma prática imprescindível, uma vez que o setor é um dos maiores geradores de resíduos sólidos. Ressalta-se que a geração de resíduos sólidos tem se tornado um dos problemas mais graves para os municípios brasileiros. Em vista disso, foi aprovada a resolução CONAMA n. 307 de 5 de julho de 2002, que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão ambiental dos resíduos da construção civil, com o intuito de minimizar os impactos que esses causam ao meio ambiente.

A resolução prevê para gestão ambiental na indústria da construção ações como a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos, práticas de fundamental significado para o meio ambiente e a toda sociedade. O aplicativo *VigiSol* auxiliará na gestão do RCD gerando informações de localização e imagem destes para mapeamento e pré-classificação. A implantação deste aplicativo não só contribuirá para o avanço técnico-gerencial dos municípios no que tange aos resíduos de construção e demolição como também para o uso racional dos recursos naturais. A participação ativa da comunidade com o uso do aplicativo para realizar denúncias de descartes irregulares de RCD tornará as políticas públicas de gestão destes mais efetivas.

O trabalho conseguiu atingir todos os objetivos iniciais propostos e as consequências do seu uso alimentando um sistema de apoio à decisão serão positivas visto que a fiscalização não se limitará a servidores mas se estenderá aos munícipes. Além disso a velocidade de disponibilização a estes dados de maneira instantânea devido a transmissão via internet, permitem a produção e análise das denúncias de maneira ágil.

Houve dificuldades para execução deste por falta de trabalhos científicos semelhantes a este no que concerne a aplicativos para dispositivos móveis, não havendo, portanto, referências para uma análise comparativa. As sugestões para melhorias futuras ao aplicativo

são de inserir a opção de compartilhamento nas redes sociais, estimativa de volume do resíduo por meio do registro fotográfico e a ampliação do uso a outros tipos de resíduos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10004:2004. **Resíduos Sólidos - Classificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.], p. 77. 2004.

ABNT NBR 14724:2011. **Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2011.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. ABRELPE. [S.l.], p. 92. 2015.

ALVES, J. C.; DREUX, V. P. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS NOVAS. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, Aracaju - PE, v. 1, n. 1, p. 53-65, Fevereiro 2015.

ANDERSON, P. **A crise no Brasil**. Boitempo. [S.l.], p. 16. 2016.

ANDROID. **Android Developers**, 2015. Disponivel em: <https://developer.android.com>. Acesso em: Dezembro 2015.

BUCCI, M. P. **Direito administrativo e políticas públicas**. São Paulo - SP: Saraiva, 2002.

COSTA, L. F. **Estratégia Ambiental na Indústria da Construção Civil: Um Estudo sobre Fatores Direcionadores de Percepção Ambiental de Construtores de Imóveis**. Dissertação (Mestrado), Engenharia de Produção, UFRN. Natal - RN, p. 73. 2005.

D'Oliveira, M. C. D. P. E. **Sistema de Apoio À Decisão Aplicado Ao Gerenciamento De Resíduos De Construção Civil - Ferramenta GIR@SSOL**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Tocantins. Palmas - TO, p. 79. 2015.

DEITEL, P.; DEITEL, H.; DEITEL, A. **Android para Programadores:** Uma abordagem baseada em aplicativos. 2. ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2015.

FALCO, G. D. P. et al. **Perspectivas Para O Gerenciamento Sustentável Dos Recursos Naturais**: Uma Análise Dos Conceitos Da Irreversibilidade Da Ação E Da Flexibilidade Da Mudança. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 39-59, jan./abr. 2012. ISSN 1981-9951.

FERREIRA, C. I. S. **Resíduos de Construção e Demolição - Índices de Produção**. Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente – Especialização em Tecnologias de Remediação Ambiental. Porto - Portugal. 2013.

FIALHO, K. E. R. et al. **Aspectos Econômicos Da Construção Civil No Brasil**. ENTAC - XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió - AL, p. 1105-1114. 2014.

FRANCISCO, F. C. **Valoração Monetária De Amenidades Ambientais**: Algumas Considerações. Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo - MG, v. 7, n. 13, p. 53-68, Novembro 1999.

FUNARO, V. M. B. D. O. et al. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP**. 3ª Edição. ed. São Paulo-SP: Grupo DiTeses, 2016.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear:** Modelos e Algoritmos. Rio de Janeiro - RJ: Editora Campus, 2000.

GUERRA, M. P.; ROCHA, F. S.; NODARI, R. O. **Biodiversidade, Recursos Genéticos Vegetais e Segurança Alimentar em um Cenário de Ameaças e Mudanças**. Embrapa Cerrados. [S.l.], p. 32-40. 2015.

KARPINSKI, L. A. et al. **Gestão de resíduos via web site**. Téchne, n. 147, Junho 2009.

KINGHOST. **KINGHOST**, 2017. Disponivel em: <https://www.kinghost.com.br>. Acesso em: fev. 2017.

Mesquita, A. S. G. **Análise Da Geração De Resíduos Sólidos Da Construção Civil Em Teresina**, PIAUÍ. HOLOS, v. 2, n. 28, p. 58-65, Maio 2012.

MONTEIRO, J. H. P.; ZVEIBIL, V. Z. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR. [S.l.], p. 204. 2001.

MORAES. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia:** Subsídios para uma gestão sustentável. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG, p. 220 Dissertação (mestrado). 2006.

MOURA, A. **Actas da VI Conferência Internacional de TIC na Educação Challenges 2009 / Desafios 2009**. Geração Móvel: um ambiente de aprendizagem suportado por tecnologias móveis para a "Geração Polegar. Braga: Universidade do Minho. Centro de Competência. 2009. p. 50-68.

MURAKAMI, S. et al. **Sustainable building and policy design**. [S.l.]: Tokyo : Institute of International Harmonization for Building and Housing, 2002.

OLIVEIRA, A. S. D. D. **Método para viabilização da implantação de plano de**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia da Produção,Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. [S.l.], p. 230. 2002.

Paschoalin Filho, J. A. P.; Graudenz, G. S. **Destinação Irregular De Resíduos De Construção E Demolição (Rcd) E Seus Impactos Na Saúde Coletiva**. Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo - SP, v. 6, n. 1, p. 127-142, Abril 2012. ISSN 1981-982X.

PATU, G.; CUCOLO, E. **Recessão econômica atual deve ser a pior da história do Brasil**. Folha de São Paulo, São Paulo - SP, 12 Março 2016. 2.

PINTO, T. D. P.; GONZALES, J. L. R. **Manejo e Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Caixa. Brasília. 2005.

PINTO, V. F. D. S. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – Parque Tecnológico de Negócios e de Ourivesaria de Gondomar**. Faculdade de Ciências - Universidade do Porto. Porto - Portugal, p. 58. 2013.

RADA, E. C.; RAGAZZI, M.; FEDRIZZI, P. **Web-GIS oriented systems viability for**. Waste Management. [S.l.]. 2013.

SAID JALALI, L. P. T. D. M. **Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios**. [S.l.]: Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology, v. 1, 2002.

Santos, A. L. D.; Pinto, C. H. C.; Catunda, A. C. M. M. **Percepção da Legislação Ambiental, Gestão e Destinação Final dos RCD – Resíduos da Construção e Demolição**: Um Estudo de Caso Em Parnamirim/RN/Brasil. Holos, v. 2, n. 31, p. 33-49, Abril 2015. ISSN 1807-1600.

SCHNEIDER, D. M.; ARLINDO, J. P. **Gestão pública de resíduos da construçao civil no município de São Paulo**. Ambiente Construído, Porto Alegre - RS, v. 4, n. 4, p. 21-32, Dezembro 2004. ISSN 1415-8876.

SCREMIN, L. B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte**. (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Santa Catarina. [S.l.], p. 121. 2007.

SILVA, E. R. **A Gestão do "Lixo" e Suas Implicações na Construção de Cidades Sustentáveis**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, Santa Maria - RS, v. 8, n. 2, p. 311-322, 2013. ISSN 1981-3694.

SILVA, J. M. D.; SILVEIRA, E. S. D. **Apresentação de Trabalhos Acadêmicos:** Normas Técnicas. 6ª Edição. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2011.

SILVA, V. A. D.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Sociedade e Natureza**, v. 24, n. 2, p. 333-344, Maio 2012.

SORO, M. Á. G. **Diseño de una aplicación Android para la recogida de datos de tráfico y su comunicación a un servidor**. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica Universitat Politècnica de València. [S.l.], p. 58. 2015.

SYMONDS. **Construction and Demolition Waste Management Practies, and their Economic Impacts Report to DGXI, European Comission, Final Report**. [S.l.], p. 75. 1999.

Valente, C. **Engenharia De Software**. ESAB - Escola Superior Aberta do Brasil. [S.l.], p. 106. 2007.

YIN, R. K. **Estudo de Caso, Planejamento e Métodos**. [S.l.]: Bookman, 2001.

7 PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO HORIZONTE (MG) (*LUIZ HENRIQUE SIQUEIRA* **RESENDE** *(RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS ,WHITE JOSÉ DOS SANTOS, RENATO DE CARLI ALMEIDA COUTO).*

RESUMO: A situação da produção dos resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil deixa a desejar. Embora com leis adequadas, os entendimentos e iniciativas não correspondem às necessidades de melhoria. Baseado em dados secundários oficiais, em documentos acadêmicos, alguns levantamentos diretos e da percepção daqueles que vivenciam a situação, este estudo ilustra a gestão dos RCD em Belo Horizonte (MG) e região no começo desta década. São sistematizadas as informações obtidas em fluxogramas, mapas e gráficos, de modo a permitir uma análise global da questão onde se salienta seu aspecto ambiental. As enormes quantidades produzidas e sua má gestão chamam atenção, não merecendo atenção por parte dos próprios geradores e das autoridades. Constatam-se boas iniciativas, desarticuladas, descontínuas e com muitas limitações, e algum amadurecimento institucional; contudo, a implementação de uma adequada política municipal de gestão de RCD tarda e a população ainda não reconhece a importância de um maior envolvimento.

Palavras-chave: gestão de resíduos de construção e demolição, valorização, caso de Belo Horizonte

7.1 INTRODUÇÃO

Observou-se, neste começo de século no Brasil, um vigor expressivo da construção civil, uma das mais influentes atividades no que diz respeito ao desenvolvimento econômico e social (NAGALLI, 2014). Efeitos colaterais inevitáveis deste crescimento têm mostrado que o processo não é entendido na sua integralidade; assim, impactos ambientais negativos derivados destas atividades não são sequer considerados e, menos ainda, mitigados. O significativo aumento na produção dos resíduos sólidos (RS) causa muitos problemas por não serem corretamente manejados, seja pela exploração predatória das matérias primas, pelo excessivo consumo de recursos naturais, pela intervenção na paisagem ou pela má disposição dos resíduos gerados (BARROS, 2012; NAGALLI, 2014).

Das atividades inerentes à construção civil, como construções, reformas e demolições, provêm os chamados Resíduos de Construção Civil (RCC) ou Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Dos materiais que entram numa obra, boa parte sai como resíduo, tais como brita, areia, mistura de cacos cerâmicos, de tijolos, pedaços de argamassa, de concreto, madeira, plástico, fios e terra, sendo que todo este "entulho" pode representar uma perda média de até 30%. Os índices elevados de perda podem ser explicados pelas altas taxas de geração de resíduos por metro quadrado de obra construída, como verificado por Pinto (1999), Careli (2008), Solís-Guzmán *et al.* (2009), Llatas (2011) e Sáez *et al.* (2014), por exemplo.

A grande quantidade de materiais perdidos nas construções faz com que os RCD sejam os resíduos com maior participação proporcional dentre todos os tipos de resíduos sólidos gerados em muitas cidades. Pinto (1999), em estudo realizado em seis municípios brasileiros, verificou que nessa época os RCC já chegavam a representar de 54% a 70% da totalidade dos resíduos gerados nas cidades, sendo que esses altos valores ainda são

verificados em estudos mais recentes, como o da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA, 2010) para o Brasil, e do Ministério do Meio Ambiente da Espanha (ESPANHA, 2015).

Por outro lado, a importância e o interesse sobre os RCD também se devem ao seu grande potencial de serem reutilizados e reciclados, e consequentemente serem dotados de valor. No caso dos RCD, a valorização pode acontecer de diversas maneiras, como por exemplo gerando agregados para construção de ótima qualidade, evitando os transtornos derivados da disposição incorreta ou aumentando a vida útil dos aterros (SILVA e GUIMARÃES, 2007; ZEGA e MAIO, 2011; ESPANHA, 2015). Entretanto, qualquer tipo de RS só se apresentará em boas condições de ser reutilizado ou reciclado (e consequentemente valorizado) se todas as etapas de gestão, a montante do processo de reciclagem, acontecerem de maneira eficiente.

Além disso, de acordo com os princípios da boa gestão de RS, estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), deve-se dar prioridade às ações voltadas à não geração e à redução de sua produção. Entretanto, nota-se que a maioria das iniciativas desenvolvidas sobre a problemática dos RCD versa apenas sobre parte de seu gerenciamento, focando quase que unicamente na sua coleta e seu destino final.

Nas cidades de médio e grande portes no Brasil, os RCD constituem mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos coletados (JACOBI e BESEN, 2011). Estudos realizados em alguns municípios apontam que os resíduos da construção formal têm uma participação entre 15% e 30% na massa dos RCD, sendo que o restante (que pode ultrapassar 75%) provêm de iniciativas informais, obras de construção, reformas e demolições, realizadas, em geral, pelos próprios usuários dos imóveis (SINDUSCON-MG, 2005; SINDUSCON-MG, 2014).

Passada mais de uma década da promulgação da Resolução CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos (RS) da construção e Demolição (RCD) para o Brasil, verifica-se um cenário nacional ainda desolador, onde esses resíduos ainda representam um enorme - e caro - problema logístico e ambiental, especialmente nas áreas urbanas.

Em 2013, os municípios brasileiros coletaram mais de 117.000 toneladas/dia de RCD, englobando os de sua própria titularidade e também aqueles dispostos irregularmente nos logradouros públicos. Esses valores implicam um aumento de 4,6% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2013). Em 2014, foram 122.262 t/d em média, 4,1% a mais que em 2013 (ABRELPE, 2014); em 2015, foram 123.721 t/d em média, portanto também com ligeiro aumento com relação a 2014 (ABRELPE, 2015). Essa situação de crescimento vem sendo evidenciada há muitos anos, demandando portanto uma atenção especial dos municípios na gestão daqueles resíduos exigida pela lei federal 12.305/10.

A grande quantidade de RCD gerada nos centros urbanos e as ações de controle e monitoramento muitas vezes tímidas e relaxadas por parte das autoridades municipais fazem com que os dados históricos sobre esses resíduos não existam ou não sejam confiáveis. Como as quantidades coletadas não correspondem às produzidas e diante da inexistência ou da

inconsistência de informações, a utilização de metodologias qualitativas[1] se torna interessante e útil.

Belo Horizonte foi, por muito tempo, considerada um modelo no que diz respeito à gestão e gerenciamento de RCD, uma vez que foi um dos primeiros municípios brasileiros a tomar medidas efetivas com relação à gestão desse tipo de resíduo, conforme se verá abaixo, devido à constatação da grande quantidade de RCD que era gerada naquela época e mal-disposta (SINDUSCON-MG, 2008).

Ao estudar a problemática dos RS, em particular dos RCC, em Belo Horizonte, percebe-se que há elementos (atores e legislação) para sua boa gestão. O ponto crítico seria a interlocução entres as partes envolvidas nesse processo, com base na legislação vigente e nos pré-requisitos de comportamento de cada um para a atividade a que se destina. Dessa forma, este texto objetiva identificar os principais agentes envolvidos na questão dos RCD, de modo a avaliar e discutir seus papéis, a colaboração entre eles e a qualidade das estruturas existentes para a gestão adequada destes resíduos na cidade.

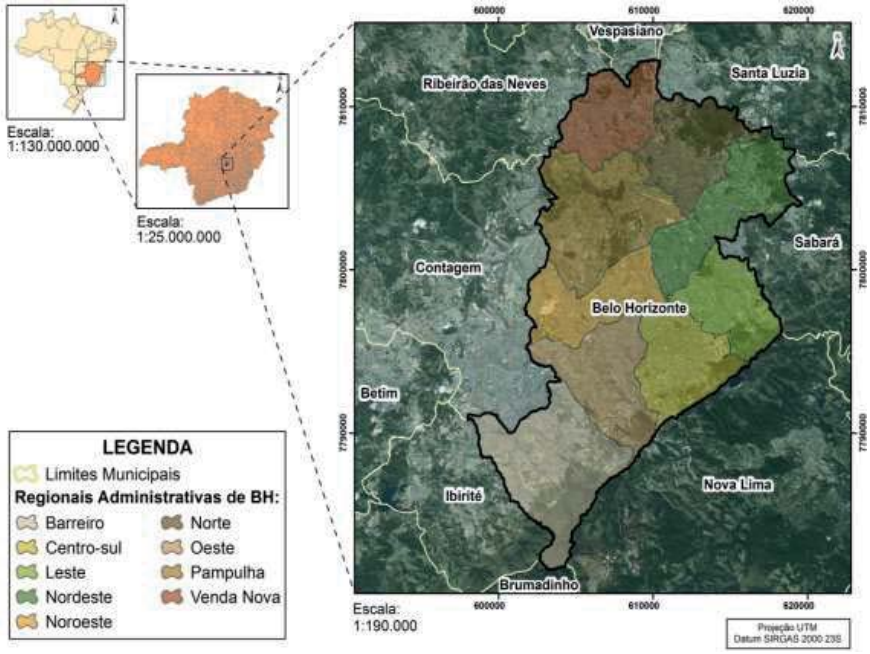


Figura 1 - Localização da área de estudo, destacando-se as regionais de Belo Horizonte

Fonte: IBGE, 2010

[1] De acordo com Flick (2009), a pesquisa qualitativa (exploratória ou descritiva) pode dar sustentação à pesquisa quantitativa, e vice-versa. Segundo Andrade (2007), a pesquisa exploratória, dentre outros benefícios, proporciona a obtenção de maiores informações acerca de determinado assunto. Além disso, de acordo com Sampieri, Collado e Lúcio (2006), esse tipo de estudo tem como objetivo principal examinar um tema ou problema de pesquisa pouco estudado, do qual se tem muitas dúvidas ou foi pouco abordado antes.

Visando portanto a identificar e caracterizar os principais agentes (ou atores) envolvidos na gestão de RCD em Belo Horizonte, foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais como em artigos científicos, sítios da *internet*, dissertações e teses mais recentes sobre o tema. Também foram consultados documentos oficiais, (relatórios anuais da Superintendência de Limpeza Urbana/SLU da Prefeitura da cidade e de outras prefeituras vizinhas, leis estaduais e locais *etc.*). Visitas a empresas, a instituições e a instalações privadas e públicas (aterros, bota-fora, centrais de triagem) e um levantamento com especialistas usando o método *Delphi* e algumas entrevistas informais e formais completaram os instrumentos de levantamento de dados.

CONTEXTO

O estudo deste capítulo tem como área de abrangência todo o município de Belo Horizonte e, pela própria natureza da problemática dos RCD, sua área conurbada com as regiões urbanizadas de algumas cidades adjacentes (ver Figura 1).

O município, localizado na região Centro-sul do estado de Minas Gerais, possui extensão territorial de 331,4 km² e população de 2.491.109 habitantes (IBGE, 2014) caracterizando-se como uma das principais metrópoles (sua região metropolitana tem 33 municípios, além da capital, e quase 6 milhões de habitantes) do país, sendo importante polo político-administrativo e econômico que concentra quase 40% do PIB estadual.

Histórico da produção de RCD em Belo Horizonte

Em Belo Horizonte, com quase 2,5 milhões de habitantes, as atividades ligadas à construção civil obviamente também têm grande importância econômica e geram enormes quantidades de RCD, causando impactos ambientais significativos. A Figura 2 abaixo mostra a evolução destas quantidades coletadas e destinadas em anos mais recentes, segundo apurado a partir de fontes oficiais (relatórios anuais da SLU/PBH) que, reconhecidamente, não conseguem computar todas as quantidades reais produzidas.

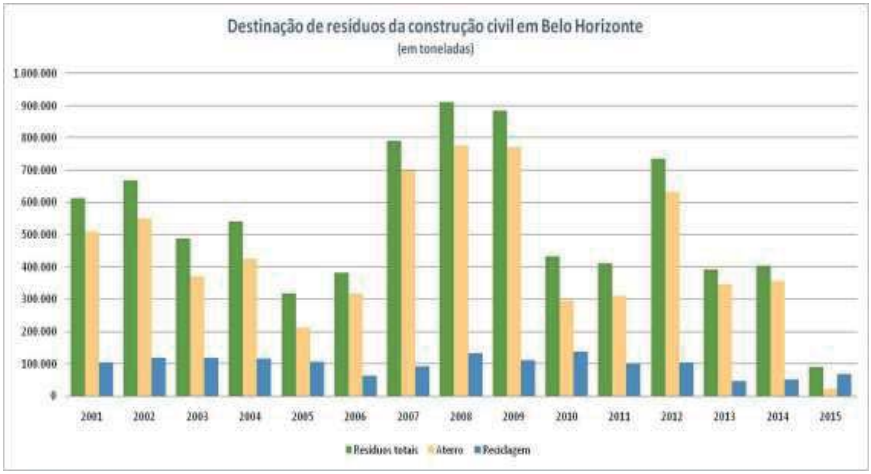


Figura 2 – destinação dos RCD em Belo Horizonte (entregues nas URPV ou encaminhados aos bota-fora). Fonte: relatórios SLU (2000-2015)

Na cidade e em sua região, a situação não é diferente do resto do país: as práticas construtivas (e as de demolição) parecem não conhecer - e portanto não prestigiam -, princípios elementares de economia e de ecologia. Qualquer exame superficial nos projetos e nos processos construtivos evidencia despreocupação com a produção e com a gestão de RCD, demandando custos extras de transporte e recorrendo a más práticas de deposição, muita vez clandestinas (ver Figura 3).

Em 1993, para diminuir a disposição dos RCD em locais inapropriados a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), autarquia municipal responsável pela gestão, criava o "Programa de Correção Ambiental das Deposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho" (o adjetivo "ambiental" na proposta mostra uma tentativa de sintonia com as concepções incentivadas pelo ECO-92, acontecida no Rio de Janeiro). Nessa época, segundo estudo realizado por consultoria, a cidade apresentava 134 pontos de disposição clandestina de RCD, chamados "bota-fora" (SLU *apud* SILVA, 2005), que representavam então uma despesa para o orçamento da prefeitura de cerca de R$1.070.000,00 por ano com a remoção de entulho.

Na época de sua implantação, este programa estabeleceu a instalação de usinas de reciclagem e de pontos de coleta intermediária, as Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV)[2], constituindo uma rede de recebimento, organização e armazenamento de resíduos de construção e demolição, tendo como objetivo principal atender os pequenos geradores de RCD, ou seja, até 1m³ por transportador por dia. Graças a este sistema de gestão de RS cuja elaboração começou ainda na década de 90, até o final de 2016 Belo Horizonte contava com 34 URPV, funcionando com diferentes graus de precariedade.

Figura 3 – situações típicas de má disposição de RCC em Belo Horizonte e região – a) lançamento em córregos; b) lançamento em áreas calçadas e urbanizadas, junto com resíduos domésticos ensacados; c) lançamento em terrenos baldios, com outros materiais (poda, móveis *etc*)

[2] "URPV" foi a expressão de batismo para estes equipamentos em BH: em outras cidades, tais instalações são chamados de "ecopontos" ou "pontos verdes" ou ainda "ecocentros". Entre outras normas de funcionamento, estipula-se que os veículos leves podem realizar uma descarga de até 1m³/dia por gerador [este valor já foi de 2m³/dia (n.a.)]; os RS devem ser descarregados pelo transportador, separados por tipo de material, nos locais indicados pelo operador; e é expressamente proibida a entrada de menores de idade e a permanência de pessoas estranhas na unidade (SLU, 2014). Em São Paulo (SP), com uma população superior a 12.000.000 (IBGE, 2016), há 90 destes "ecopontos" (unidades ou estações de entrega voluntária de materiais inservíveis), que funcionam de segunda a sábado das 06h00 às 22h00, e mesmo aos domingos e feriados, das 06h00 às 18h00 (Fonte: www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/amlurb/ecopontos - acesso em 12jan16).

Mesmo considerando as devidas proporções e por razões óbvias – sobretudo de cunho administrativo e econômico -, com relação a estes equipamentos as demais cidades[3] de sua região apresentem uma situação bastante diferente (algumas nem têm noção do que são ou para que servem; para algumas, muito pequenas, de fato eles não seriam necessárias). A registrar em Belo Horizonte a falta de condições políticas e de participação da população para seu correto funcionamento.

Conforme resgatado em Silva *et al*. (2006), desde a implantação deste programa, a prefeitura de Belo Horizonte, através da SLU, passou a buscar parcerias com empresas privadas e instituições de ensino, além de outros órgãos da própria prefeitura, com o intuito de fortalecer a gestão dos resíduos tanto econômica, política e socialmente.

Como medidas para gestão desses RCC, a prefeitura de Belo Horizonte definiu duas práticas de combate e prevenção aos depósitos clandestinos, a saber: **rede receptora do resíduo,** com a implantação das URPV, das unidades de reciclagem de entulhos e de aterros de inertes, além de uma **rede programática,** desenvolvendo educação e informação, a recuperação de áreas degradadas e projetos de fiscalização (TEIXEIRA, 2010).

Figura 4 – aspectos típicos das URPV de Belo Horizonte – a) acúmulo de grandes quantidades de materiais variados, misturados e espalhados, expostos às intempéries; b) acúmulo de material no solo, dificultando carregamento e remoção (obrigando a muito trabalho manual); c) colocação indiferenciada de RS nas caçambas (poderia haver triagem nas URPV), resultado da falta de cooperação dos usuários

Em particular, as URPV foram concebidas como elementos que permitissem reforçar a coleta seletiva (ver Figura 4), de modo que a população recorresse a elas complementando tanto a coleta convencional quanto a coleta seletiva de tipo "porta a porta"[4]. Normalmente recebem os RCD (entulhos e outros tipos de materiais) – idealmente não misturados -, podas, madeira, terra limpa e objetos volumosos (colchões, móveis e, em princípio, até eletrodomésticos, embora na prática, até fins de 2016, não fosse oficialmente autorizada a entrega destes) de pequenos produtores ou em "pequenas" quantidades (valor de referência, que já foi alterado: máximo de $1m^3$/dia por descarga). Estes equipamentos não recebem restos de alimentos,

[3] Betim (população de 417.000, 2015), na região metropolitana de BH, contava com 14 delas em 2014-15, "em vias de reestruturação recebendo muros de proteção" (Fonte: http://www.betim.mg.gov.br/noticias/41331%3B58231%3B06%3B5854%3B70572.asp, acesso em 19ago15) e Contagem (população de mais de 650.000, em 2015) com 22 (Fonte: http://www.contagem.mg.gov.br/?materia=780994, acesso em 19ago15).

[4] Em BH, no fim de 2014, dos 385 bairros (sem incluir vilas, que são umas 100) a coleta seletiva era feita em 34, servindo a uma população de aproximadamente 375.700 habitantes, ou seja, uns 15% do total (SLU, 2014). Em 2015 e 2016, estes valores e proporções não foram alterados.

animais mortos, resíduos líquidos e pastosos (óleo, lama, ácidos, graxas *etc*) nem resíduos de saúde (SLU, 2014).

Ademais, com a lei municipal[5] n° 10.522 (de agosto de 2012), reforçou-se a importância das URPV no Programa Municipal de Gerenciamento de RCD, através "de sua gestão adequada, de forma a dotá-las da infraestrutura necessária para sua qualificação como serviço público de limpeza urbana".

Posteriormente, durante o processo de consolidação da rede receptora de RCD, passou-se a integrar outros agentes: os carroceiros[6], que até então eram considerados poluidores - degradadores do meio ambiente - pelo poder público, por promoverem deposição de forma irregular. Esses atores foram incorporados à rede de coleta como prestadores de serviço de transporte de entulhos (oriundos de pequenas construções ou reformas), evitando assim o depósito desse material em locais impróprios (SILVA, 2005). Note-se, na Figura 5, a expressiva participação que as viagens feitas por carroças têm na entrega de RCC (e outros materiais) nas URPV.

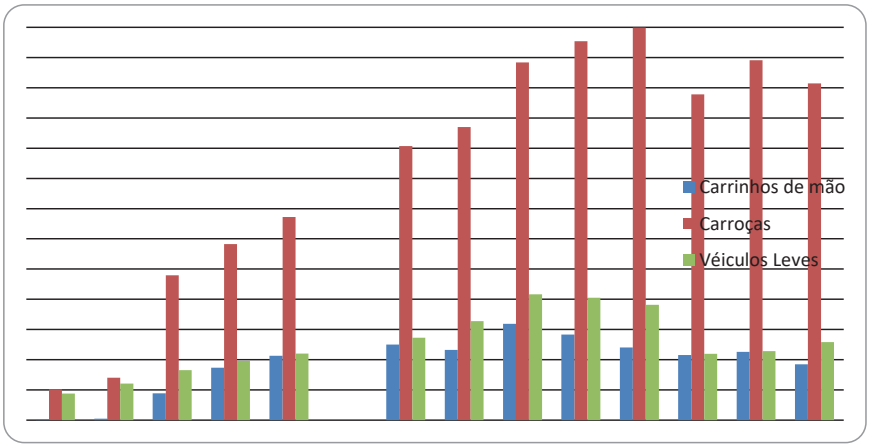


Figura 5: Número de viagens com cargas de RS recebidas nas URPVs, de acordo com o meio de transporte
Fonte: relatórios SLU

Em 2013, a SLU registrou 825 pontos de disposição irregular, o que representou cerca de 125.000 toneladas de RCD (SLU, 2013) que deveriam ser dispensadas diretamente por meio das usinas de reciclagem de entulho ou intermediadas pelas URPV: nestas últimas, no entanto, o recolhimento não ultrapassou 46.000 toneladas. Em 2014, em disposições

[5] Esta lei institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC) e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PMRCC). A lei traz definições, estabelece conteúdos e responsabilidades (de geradores, transportadores e receptores), condiciona a destinação dos RS e regulamenta infrações e penalidades. Deveria ter entrado oficialmente em vigor 12 meses após sua publicação. (http://www.iclei.org.br/residuos/wp-content/uploads/2011/08/Plano_res_constu_civil_BH.pdf: acesso em 14dez14)

[6] Criado em 1998, o Projeto Carroceiros tem assistência da Escola de Veterinária da UFMG (vacinação e exames de prevenção de doenças). Os carroceiros participam de palestras sobre o ambiente urbano e recebem orientações sobre trato dos animais e formas de associação (SLU, 2014).

clandestinas cerca de 28.237 toneladas de RCD foram coletadas com carregamento manual e 88.914 toneladas com carregamento mecânico, embora não conste no relatório o número de pontos de disposição irregular (SLU, 2014). Em 2015, os valores foram 44.428,52 t coletadas por carregamento manual (mais de 57% de aumento com relação ao ano anterior) e 95.206 t (pouco mais de 7% de acréscimo) por carregamento mecânico (SLU, 2015). A Figura 6 mostra variações observadas a partir de 1999: note-se um decréscimo nas quantidades depositadas clandestinamente que foram coletas por carregamento mecânico e o aumento das toneladas entregues nas URPV

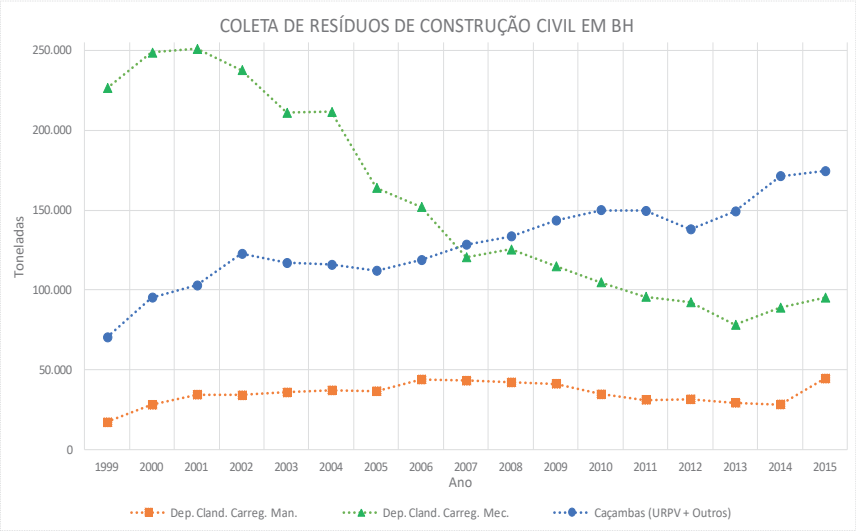


Figura 6 – formas de coleta de RCC e quantidades (toneladas anuais)
Fonte: relatórios SLU

De algum tempo para cá, a cidade estacionou em patamares que não mais a permitem ser mencionada como referência nacional – mais por seu pioneirismo que pelas proporções de reciclagem atingidas - na gestão de seus RS e, em particular, os RCD. Como recicla uma fração relativamente pequena destes resíduos, precisa, para cumprir as leis federal e estadual de RS, subir muitos degraus naquelas iniciativas que a projetaram (BARROS & ASSIS, 2014).

Figura 7 – vistas da estação de reciclagem de entulho da BR-040 em Belo Horizonte

A cidade conta, no começo de 2017, com duas estações[7] de reciclagem de entulho (ERE) já mencionadas – da BR-040 (ver Figura 7) e da Pampulha; uma terceira, que foi inaugurada em 1995 no bairro Estoril, tendo sido desativada em 2009 devido a pressões da vizinhança -, e um aterro de inertes (bota-fora privado), licenciado ambientalmente em setembro de 2016. A ERE do bairro Estoril, embora não britasse mais a partir de seu fechamento, continuou recebendo RCD como transbordo.

As duas ERE, com capacidade nominal de respectivamente 50 e 30 toneladas/hora, operam com restrições, de modo que nos últimos anos sua produção ficou bem aquém do que poderia ter sido colocado no mercado, conforme se vê na Tabela 1, abaixo. De modo geral, a própria prefeitura absorve os materiais produzidos, em suas obras; assim, não tem sido necessário buscar compradores "externos" que garantam o escoamento aos materiais. Fica evidente o enorme potencial de reciclagem na cidade, a despeito de uma prática de quase 20 anos, que ainda se mostra tímida.

Tabela 1: produção das Estações de Reciclagem de Entulho de BH (em 1.000 t/ano)

Anos→	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BR-040	6,10	21,32	43,17	29,73	49,86	38,62	37,60	29,04	29,99	55,06
Pampulha	30,15	40,96	56,73	51,66	27,04	45,96	34,02	7,51	19,84	12,80
Estoril	27,25	29,10	33,04	23,46	59,52	17,54	31,63	9,27	-	-

Fonte: relatórios SLU (2006-2015)

Carmo, Maia e Cézar (2012) demonstraram que a maior parte dos RCD gerados na capital mineira naquele ano era de base cerâmica, oriundos principalmente de obras de reformas residenciais de casas, classificadas em padrão normal de acabamento. Indicaram recomendações aplicáveis tanto às usinas de reciclagem como ao sistema de gerenciamento de resíduos visando a minimizar a grande variabilidade dos agregados reciclados. Angulo *et al.* (2011) apontam que é muito complicado quantificar a geração de resíduos para as reformas e a adoção de métodos diretos e indiretos para quantificação de forma conjunta se mostram bons indicadores para estas e para obras em execução.

Identificação e caracterização dos agentes envolvidos na gestão dos RCD

Com o intuito de coletar e aprofundar informações, foram realizadas de meados de 2013 até o final de 2015, visitas *in loco* e com registro fotográfico a diversos agentes da gestão de RCD, como construtoras, canteiros de obras, ATT (áreas de transbordo e triagem), botas-fora e a empresas de transporte (popularmente conhecidos como "caçambeiros"), além de áreas públicas de gerenciamento como algumas das URPV e uma das ERE. A Figura 8 sintetiza e esclarece os procedimentos metodológicos utilizados para identificar e caracterizar os principais agentes envolvidos nesse processo.

[7] Estas estações apresentam grande variabilidade nas condições de funcionamento por razões operacionais (má qualidade do entulho, muito misturado com outros materiais e contaminado, a ser reciclado; interrupções longas e frequentes devido a problemas de operação e de manutenção; defeitos, quebras *etc*) e administrativas (dificuldades e demora para reposição de peças *etc*), além de impactos ambientais. Em finais de 2014, falava-se em terceirizar este serviço, usando as instalações já existentes (comunicação pessoal, SLU 2014), o que não aconteceu até o começo de 2017. Imagina-se que, com a mudança da administração municipal a partir das eleições de outubro de 2016, outras definições sobre a gestão dos RS serão adotadas ao longo do novo mandato.

Figura 8 – Procedimentos metodológicos para coleta de informações junto aos agentes envolvidos na gestão de RCD em Belo Horizonte

Coleta de informações

Com o intuito de coletar a percepção dos principais agentes envolvidos na gestão de RCD em Belo Horizonte e de especialistas sobre o tema, além das pesquisas bibliográficas de documentos acadêmicos e oficiais, foram utilizadas para este capítulo duas técnicas qualitativas amplamente empregadas na área ambiental: as entrevistas[8] individuais e o método *Delphi*[9].

DISCUSSÃO

A partir dos diversos procedimentos metodológicos adotados durante o período de pesquisa, foram identificados diversos agentes que desempenham importantes funções no gerenciamento de RCD em Belo Horizonte, suas atuações foram analisadas e discutidas, e suas percepções foram consideradas. Ressalta-se, no entanto, que não se pretende, neste capítulo, esgotar o assunto, visto a complexidade do tema e o dinamismo encontrando em um

[8] De acordo com Farr (1982) *apud* Gaskell (2002), as entrevistas individuais são "essencialmente uma técnica, ou método, para estabelecer ou descobrir que existem perspectivas, ou pontos de vista sobre os fatos, além daqueles da pessoa que inicia a entrevista". Procedimento usual no trabalho de campo, a entrevista, de acordo com Cruz, *apud* Minayo (2001) proporciona ao pesquisador obter informes contidos na fala dos atores sociais:

[9] O método *Delphi* consiste de consulta a grupo de especialistas acerca de eventos futuros relacionados a um tema. Esta consulta é realizada através de um questionário repassado diversas vezes até que haja um consenso, que representa a consolidação do julgamento intuitivo do grupo, partindo do pressuposto que o julgamento coletivo bem organizado é melhor do que a opinião de um só indivíduo (WRIGHT & GIOVINAZZO, 2000; LINSTONE & TUROFF, 2002). De acordo com Cardoso *et al.* (2005), o *Delphi* pode ser utilizado para vários tipos de consulta, não somente estudos de prospecção. Os autores ainda ressaltam que o método tem sido utilizado como instrumento de apoio à tomada de decisões e definição de políticas. Segundo Martino (1993) *apud* Wright e Giovinazzo (2000), a aplicação do método *Delphi* deve acontecer estabelecendo-se três condições básicas: o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados e o *feedback* de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes. Dentre as vantagem deste método, destacam-se a boa *performance* para a obtenção de resultados, a agilidade no envio e recebimento dos questionários via *internet* e a possibilidade de contato com especialistas de diversas regiões.

grande centro urbano. Nesse contexto, o presente capítulo representa uma "fotografia" no tempo do processo de gestão de RCD em Belo Horizonte.

A geração e destinação de RCC em Belo Horizonte

De acordo com o preconizado na PNRS (e com qualquer outra boa gestão de RS), o primeiro passo na hierarquia da gestão de resíduos é a não geração, seguido da redução, da reutilização, reciclagem e tratamento dos RS e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Desse modo, para se conhecer a eficiência da gestão de RS de uma cidade, no que diz respeito à redução e à não geração de RCD, é necessário um monitoramento eficiente do processo de produção e das quantidades de resíduos gerados.

Todavia, devido ao grande volume (e grande massa) de RCD que é produzido numa cidade de grande porte, às construções clandestinas e às disposições irregulares, o monitoramento dessa produção e das quantidades de resíduos gerados é bastante complexo. A isto se junta a precariedade das estruturas administrativas e a falta de interesse político e por parte da sociedade pela questão.

Uma das metodologias para se determinar a quantidade de RCD gerada em uma municipalidade consiste em monitorar a massa de resíduos aterrados e recebidos em outras unidades de destinação final (além de deposições clandestinas). Outro método consiste em verificar a quantidade de construções formais existentes no município em determinado período, associando esse valor ao coeficiente de geração de RCD por m² de área construída (ANGULO *et al.*, 2011; LÚCIO, 2013). Desse modo, torna-se importante o monitoramento das quantidades geradas desde as etapas iniciais em um canteiro de obras. É óbvio que monitorar as construções informais - que são maioria, sem qualquer controle mais efetivo – é impossível diante das condições de administração pública e de gestão de RS que tem o país.

Tabela 2: algumas taxas de geração de RCD no Brasil e no mundo

País	Resultados (Kg/m²)[(1)(2)]	Referências
Brasil	150	Pinto (1999)
Brasil	49,58	Souza (2004)
Brasil	106,9	Neto (2007)
Brasil	104,49/115,82	Careli (2008)
Brasil	93,88[(3)]	SINDUSCON-MG (2016)
Tailândia	21,38	Kofoworola & Gheewala (2009)
Espanha	129,15[(3)]	Solís-Guzmán *et al.* (2009)
Espanha	80	Lage *et al.* (2010)
Espanha	120	ESPANHA (2007) *apud* Llatas (2011)
Espanha	166,56	Llatas (2011)
China	123,29	Sáez *et al.* (2014)
EUA	43,7	Cochran *et al.* (2007)

[(1)]Valores desconsiderando o solo
[(2)]Método construtivo: alvenaria
[(3)]Valores adaptados utilizando o índice de densidade de materiais de construção equivalente a 1.200 kg/m²

Nas obras de construção inicial, a maior quantidade de resíduos gerados se dá pela não compatibilização dos projetos e pela falta de racionalidade no transporte e utilização dos materiais (CHAHUD, 2007; KOFOWOROLA & GHEEWALA, 2009; LLATAS, 2011).

No Brasil, segundo Pinto (1999), a tarefa de quantificação era (e ainda é) mais difícil pois, ao contrário de muitos países, uma das principais fontes de geração de RCD são os agentes informais. Em outros países, pesquisadores buscam implementar metodologias mais precisas para se quantificar e usar tais informações nas estratégias de gerenciamento dos RCD. Os resultados encontrados por alguns destes autores no Brasil e no mundo (relacionados a construções do tipo moradia[10]) estão representados na Tabela 2.

Conforme mostrado na Tabela 2, a geração de RCD pode variar muito, inclusive de país para país. De acordo com Udawatta *et al.* (2015), essa variação pode ocorrer devido a características econômicas e culturais de cada país e pelos diferentes métodos de coleta de dados. Os altos índices de geração de RCD nos canteiros de obra refletem na quantidade desses resíduos gerados em âmbito municipal. No caso de Belo Horizonte, como já dito esse monitoramento é realizado pela Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), apresentado na Tabela 3. Vale lembrar que os valores se referem às quantidades coletadas e sobre as quais o órgão tem algum controle, e não às efetivamente produzidas.

Tabela 3 - Participação (%) dos RCD na massa de resíduos sólidos recebidos pela SLU

ANO →	2010	2011	2012	2013	2014	Média
RCD (%)	28,98	27,05	41,66	29,42	32,34	31,88

Fonte: relatórios da SLU (2010-2014)

Sabendo-se que a boa gestão de RS deve, também, servir de prática de inclusão socioambiental, a atuação dos pequenos transportadores de RCD deve ser analisada com cuidado. Em Belo Horizonte, de acordo com Silva *et al.* (2006), os "carroceiros" (com carroças de tração animal) que até 1997 eram considerados vilões para o gerenciamento de RCD (por descartarem os RCD em qualquer local) foram incorporados à rede coletora de resíduos, passando de atores marginalizados a importantes agentes nesse processo.

Nesse contexto, a Figura 7 apresenta um histórico, de 2000 a 2015, com o número de viagens de pequenos volumes de RCD até as URPV, e os meios de transporte mais utilizados nesse período. Constata-se, analisando-a, que o meio de transporte mais utilizado para transportar pequenas quantidades de RCD em Belo Horizonte continua sendo os carroceiros. Esses valores se justificam pelo fato de que uma das atribuições das URPV é receber pedidos de coleta de RCD por parte dos munícipes e então repassar a solicitação aos carroceiros para que os resíduos sejam coletados. Além disso, a SLU-BH busca, nem sempre com sucesso, orientar esses transportadores a descartarem os RCD em locais apropriados, como as URPV. Buscando monitorar a atuação desses agentes a PBH, por meio da Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), exige o emplacamento de todas as carroças e registro dos cavalos, que ademais recebem acompanhamento veterinário da Escola de Veterinária da UFMG.

[10] De acordo com Angulo *et al*. (2011), até então no Brasil não existiam levantamentos abrangentes com relação à geração de RCC a partir de reformas, sendo que o único estudo identificado até essa época foi o de Morales, Mendes e Angulo (2006), onde os autores identificaram uma taxa de geração de 0,470 t de RCC por m².

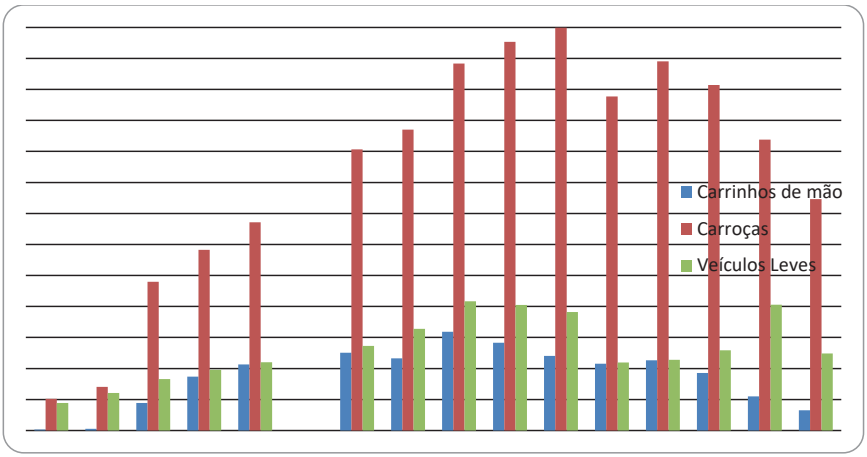


Figura 7 - números de viagens com cargas de RS recebidos nas URPV e o meio de transporte
Fonte: relatórios SLU (2000-2015)

Ramos, Pinto & Melo (2014), em estudo que analisou a percepção dos carroceiros sobre sua atuação no gerenciamento de RCD em BH, verificaram que estes agentes admitiam não terem dificuldades em cumprir as normas legais estabelecidas na cidade e ainda reconhecem a importância das URPV para a gestão de RCD do município, pela separação e com o registro da quantidade de entulho recebida diariamente.

No entanto, o que se percebe é que não há articulação entre as ações de gerenciamento de RCD. Se por um lado busca-se estabelecer uma rede de coleta e recebimento de pequenos volumes de resíduos, por outro esses esforços são "desperdiçados" à medida que a maioria dos RCD recebidos nas URPV é destinada a aterros ou bota-fora, inutilizando seu potencial de reutilização e reciclagem, como discutido mais à frente.

Em 2014, a prefeitura de BH aumentou a taxa de limpeza pública (R$453,80/ano, por unidade residencial que tinha coleta diária; metade, para a coleta era em dias alternados) em quase 50%, recuperando perdas dos anos anteriores; ainda assim, a arrecadação desta taxa, junto ao IPTU, não chegava a cobrir metade das despesas de coleta, transporte e disposição dos RS (PBH, 2014). Em 2015, o valor foi R$ 495,80; em 2016, subiu para R$548,90 (mais de 9% de aumento), e em 2017 é R$ 585,00 (PBH, 2016; PBH 2017).

Na maioria das cidades da região aqui estudada, não se cobra esta taxa, sendo, portanto, todos os serviços bancados pelo orçamento municipal. Em particular concernente à coleta e à disposição de RCD a situação ainda é pior, visto que as prefeituras não têm práticas de registro das viagens e demais atividades necessárias: isto impede mesmo uma estimativa, mesmo grosseira, dos gastos com estes resíduos.

Não se pode analisar a situação de produção de RCD de BH, com quase 2,5 milhões de habitantes segundo o Censo (IBGE, 2010), sem considerar seu entorno. Como tem um sistema ambiental comparativamente eficiente e com leis mais rígidas, observa-se a transferência desta situação de disposição inadequada em beiras de estradas e em cidades vizinhas. Para fins de comparação, a Tabela 4 apresenta alguns dados relativos ao gerenciamento de RCD de Belo Horizonte e de alguns municípios de sua região metropolitana.

Tabela 4: algumas características da coleta de RCD em municípios próximos a BH

Município	População (contagem de 2015)	Quantid. RCC ($t.d^{-1}$, 2013)	Quantid. *per capita* ($kg.hab^{-1}.d$)	Cobertura de coleta (%, 2013)	Local de disposição* (2013)
Betim	378.089	450	1,19	100	Bota-fora
Caeté	40.750	Não quantif.	-	100	Bota-fora
Confins	5.936	Não quantif.	-	100	LV
Florestal	6.600	Não quantif.	-	100	Reaproveit.
Ibirité	158.954	25	0,16	10	Reaproveit.
Juatuba	22.202	Não quantif.	-	100	ACP
Lagoa Santa	52.520	Não quantif.	-	70	Bota-fora
Nova Lima	80.988	93	1,14	70	AIP
P. Leopoldo	58.740	20	0,34	50	Bota-fora
Rio Acima	9.090	100**	?	100	Bota-fora
Rio Manso	5.276	1,7	0,32	100	Bota-fora
Sabará	126.269	Não informa	?	100	ASS
Santa Luzia	202.942	224	1,10	30	ACP
S. Joaq. Bicas	25.537	Não quantif.	-	100	Bota-fora

***ACP** = Aterro controlado próprio; **AIP** = Aterro de inertes próprio; **ASS** = Aterro sanitário de Sabará; **LV =** Lixão de Vespasiano.
** Neste valor estão incluídos os resíduos sólidos provenientes da capina/poda
Fonte: Assis (2013), FEAM (2015), IBGE (2015)

Como se depreende da Tabela 4, salvo menção com informações fornecidas diretamente pelos responsáveis locais, a região mostra grande variabilidade nos números da produção de RCD (além de imprecisão e até da inexistência de alguns), devendo ser tomados os dados com cautela diante de suas limitações. Por exemplo, na coluna que lista a produção *per capita* de RCD, a enorme desproporção entre o maior valor fornecido (1,19 kg/d) e o menor (0,16 kg/d) evidencia falha na apuração dos dados, consequência do pouco controle sobre a situação.

O panorama atual (2016) da gestão de RCD em Belo Horizonte

Em âmbito municipal, a gestão de RCD em Belo Horizonte é baseada na Lei nº 10.522 de agosto de 2012 (BELO HORIZONTE, 2012), que instituiu o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC), definido com "um conjunto de ações, serviços, infraestruturas e instalações operacionais que visam à gestão adequada dos RCD e dos resíduos volumosos no município", e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PMRCC), e que passou a vigorar em agosto de 2013 (ver nota 5). De acordo com esta lei, os geradores de resíduos passam a ser responsáveis pela sua gestão como um todo, ou seja, pela quantificação, armazenamento, transporte e pela disposição adequada.

Quadro 1: Principais leis, normas e resoluções que compõem a base legal e técnica da gestão dos RCD em Belo Horizonte

Leis (L), Resoluções e Normas (N)	Abrangência	Descrição
L 12.305/2010	nacional	Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
L 14.128/2001	estadual (MG)	Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais.
L 18.031/2009	estadual (MG)	Estabelece a Política Estadual de Resíduos Sólidos.
L 10.522/2012	municipal	Instituiu o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC) e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PMRCC).
CONAMA 307/2002	nacional	Estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.
CONAMA 348/2004	nacional	Alterou a Res. 307, incluindo o amianto como resíduo classe D.
CONAMA 431/2011	nacional	Alterou a Res. 307, mudando a classificação do gesso de classe C para classe B.
CONAMA 448/2012	nacional	Compatibilizou a Res. 307 com a PNSR.
CONAMA 469/2015	nacional	Alterou a classificação das embalagens vazias de tintas imobiliárias de classe D para classe B.
N ABNT NBR 10004/2004	nacional	Classifica os RS quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.
N ABNT NBR 15112/2004	nacional	RCC e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
N ABNT NBR 15113/2004	nacional	RCC e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
N ABNT NBR 15114/2004	nacional	RCC – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
N ABNT NBR 15115/2004	nacional	Agregados reciclados de RCC – Execução de camadas de pavimentação – procedimentos.
N ABNT NBR 15116/2004	nacional	Agregados reciclados de RCC – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Regido pelas leis, normas e resoluções descritas no Quadro 1, o sistema de gerenciamento de RCD implantado em Belo Horizonte conta com agentes públicos e privados que, de acordo com o princípio da responsabilidade compartilhada, estabelecido na PNSR (2010), devem promover o adequado gerenciamento desses resíduos. O fluxograma da Figura 8 representa as relações entre esses principais agentes e é composto pelos três "momentos" da gestão de RCD de Belo Horizonte, onde, além dos *intermediários* (áreas de triagem e reciclagem de pequenos e grandes volumes de RCD), ainda mostra os *geradores* (indústrias, pequenas e grandes construtoras) e os *receptores* desses resíduos (aterros, bota-foras e obras de infraestrutura da prefeitura de Belo Horizonte). As setas representam o sentido dos fluxos de RCD na cidade, saindo dos geradores até recicladores e destes até os locais de disposição final; de geradores diretamente aos locais de disposição final ou até mesmo entre diferentes locais de mesma atividade.

A análise dos "caminhos" percorridos pelos RCD em Belo Horizonte, representados pelas letras e números no fluxograma, ajuda a identificar a contribuição de alguns dos atuais componentes do sistema de gerenciamento do município. Esses fluxos contribuem para o

entendimento da atuação de cada ator para a atividade a que se destina, além de demonstrar rotas de RCD indesejáveis no sistema implantado.

Esta parte mostrada pode ser considerada "oficial", sendo bastante difícil identificar e estimar na totalidade outra parcela relativa à clandestinidade. Por um lado, há a ilegalidade, quando da própria geração, nos procedimentos dos produtores, indo esses desde os grandes até os microprodutores individualizados (das pequenas reformas caseiras, que passam ao largo de qualquer controle municipal). Por outro lado, da mesma forma há uma parcela de ilegalidade nos procedimentos de empresas, tanto de transporte dos RCD (genericamente chamados "caçambeiros") quanto de disposição, que às vezes são as mesmas.

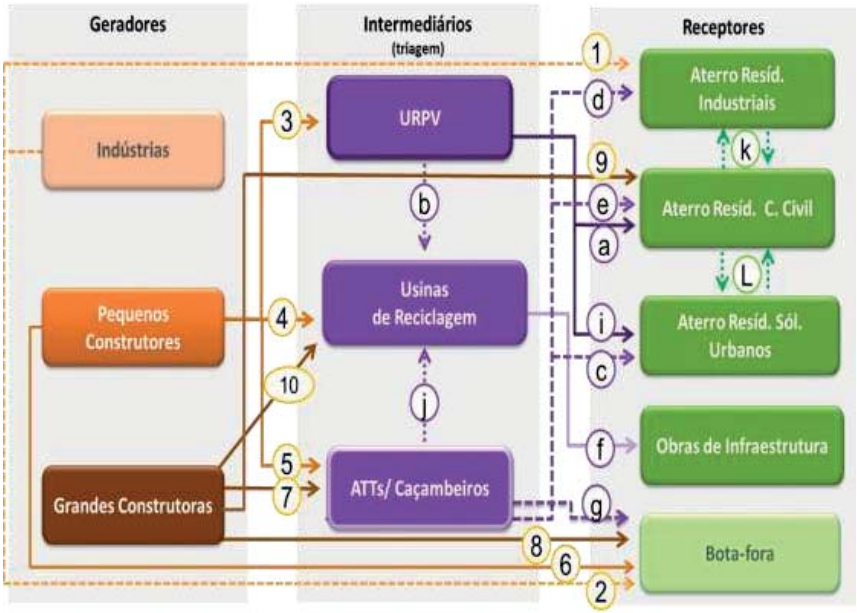


Figura 8 – Fluxograma do gerenciamento de RCD em Belo Horizonte (até 2016)
Fonte: adaptado de Lima, Fagundes e Barros (2015)

Os RCD coletados nas URPV têm dois destinos principais (os elementos identificados por letras e números na Figura 8 estão explicados abaixo): os aterros específicos para os RCD [a] (por força de contrato, via licitação) e as estações (usinas ou unidades) de reciclagem [b].

Após triagem, aqueles resíduos recebidos pelas URPV e que não sejam RCD são destinados a outros aterros [i]. Os rejeitos, que não retornam ao mercado, são destinados aos aterros de RS urbanos [h]. As ATT (áreas de triagem e de transbordo) destinam os RS triados de acordo com a sua classificação: aterros específicos para resíduos industriais [d] (empresas privadas); aterros específicos para os RCD [e] (principal destinação dos RCD); aterros específicos para RS urbanos [f]; bota-foras [g] (em geral, em municípios adjacentes a BH).

O principal destino dos RCD gerados nas obras de reformas industriais acaba sendo os aterros industriais [1], quando a disposição final correta seriam os aterros de RCD. A fim de corrigir este problema, deve haver canais de comunicação entre os aterros de RCD, os aterros

industriais e os aterros de resíduos sólidos urbanos [K] e [L], para que os resíduos sejam direcionados a uma unidade específica, respeitando suas licenças de operação. Como segunda opção, nos casos mais emergenciais, as indústrias destinam seus RCD para os bota-foras [2].

Em relação aos pequenos construtores, há quatro destinos preferenciais para os RCD: as URPV da SLU [3], utilizando carroças ou pequenos veículos; as unidades de reciclagem [4] (caso haja espaço disponível); as ATT [5]; os bota-fora [6]. As grandes construtoras possuem dois destinos preferenciais para seus RCD: as ATT [7] e os bota-fora [8].

Os RCD provenientes de grandes construtoras também são conduzidos para aterros específicos para os RCD [9], geralmente quando essas grandes construtoras realizam obras de infraestrutura ou de mobilidade urbana que, por sua própria natureza, geram grandes quantidades de RCD; ou para unidades de reciclagem [10], dependendo da disponibilidade de capacidade de produção. A por vezes precária condição de funcionamento destas unidades faz com que materiais recicláveis sejam meramente aterrados, ou seja, fiquem inutilizados.

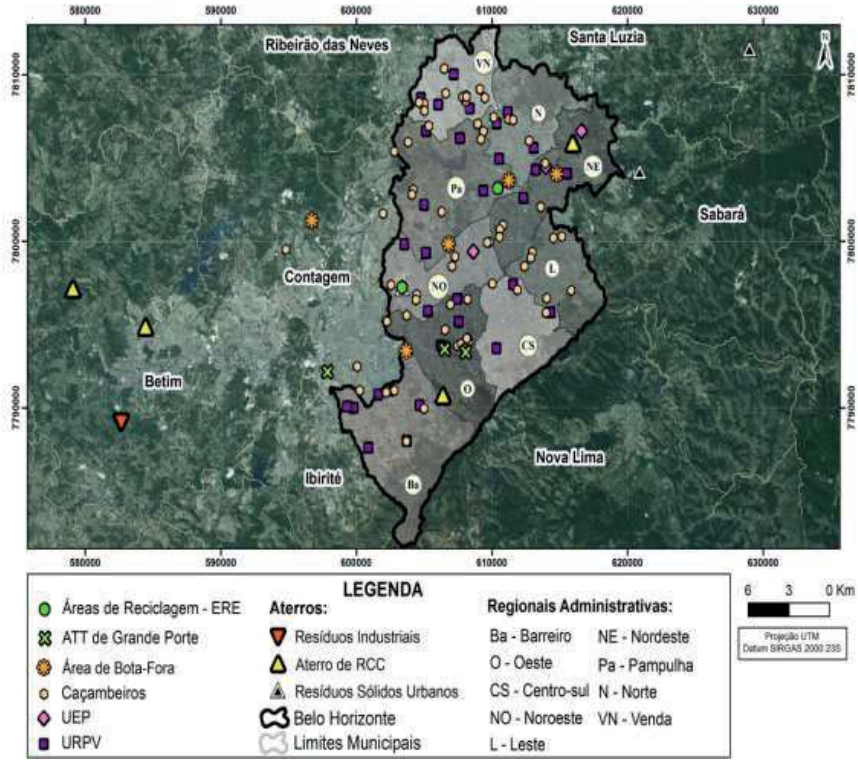


Figura 9 - Distribuição dos agentes (empresas e equipamentos) envolvidos no gerenciamento dos RCD nas nove regionais administrativas de Belo Horizonte
Fonte: Resende (2016)

Os fluxos de RCD apresentados na Figura 8 podem, principalmente em grandes centros urbanos, ser influenciados por fatores relacionados à logística, como a localização

daqueles agentes responsáveis pelo gerenciamento. Por isso, a partir de contatos telefônicos, de pesquisa documental, de entrevistas e visitas a campo, buscou-se identificar e localizar os principais responsáveis por esse processo. Foram identificadas 89 empresas[11] transportadoras de RCD (popularmente conhecidos como "caçambeiros") em Belo Horizonte e nas cidades adjacentes, de modo que com 65 deles foi possível a realização de algum tipo de contato e a coleta de informações. Além desses atores, foram localizados na região áreas de bota fora e ATT de grande porte e aterros.

A Figura 9 apresenta a distribuição desses agentes juntamente com equipamentos públicos disponibilizados pelo governo municipal. A partir da Figura 9, nota-se o grande número de transportadores (caçambeiros) localizados nas regionais Norte e Venda Nova de Belo Horizonte, as quais passam por um processo de expansão urbana nos últimos anos, com consequente aumento da produção de RCD, conforme destacado por Lúcio (2013).

A localização dos transportadores junto das áreas de maior geração de RCD é um fator positivo, visto que a proximidade é um dos pressupostos da boa gestão de RS. No entanto, mesmo que essas regionais contem com um número considerável de caçambeiros, não significa que o gerenciamento esteja acontecendo da maneira correta.

Ao se observar a presença dos principais agentes privados do gerenciamento juntamente com os outros tipos de unidades públicas, pode-se notar que, embora os caçambeiros estejam presentes, as regionais Norte e Venda Nova não possuem ATT com grande capacidade de processamento, nem ERE (Estações de Reciclagem de Entulho) para reciclagem. Desse modo, a grande quantidade de transportadores e a pequena quantidade de recicladores (ATT e ERE) podem explicar o fato de os transportadores depositarem os RCD coletados em locais clandestinos (não autorizados), como citado por um dos gestores públicos entrevistados.

No entanto, no caso da regional Venda Nova, a correlação entre número de transportadores e disposição clandestina de RCD vai contra o que foi verificado por Lúcio (2013). Esta autora verificou que a disposição clandestina de RCD nessa regional foi baixa no período entre 2006 e 2011, atribuindo esse fato à presença das URPV (Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes). Esta constatação feita por Lúcio (2013) ainda podia ser observada em 2013 quando, através dos relatórios da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte SLU-BH (2014), foi possível verificar que quase a totalidade dos resíduos coletados nessas regionais era proveniente das URPV. Nesse caso, o que se observa é a persistência do fenômeno chamado de "deslocamento da fronteira da irregularidade", que corresponde ao depósito – como a própria expressão qualifica, clandestino ou ilegal - de RCD em municípios limítrofes de Belo Horizonte, que notadamente contam com legislações menos exigentes que as da capital. O fenômeno do deslocamento da fronteira da irregularidade pôde ser observado *in loco* no desenvolvimento do estudo de que faz parte este capítulo, onde se percebeu a existência de muitos bota-fora de pequeno porte em municípios como Vespasiano e Ribeirão das Neves.

A partir da Figura 9 e considerando os princípios da boa gestão de resíduos sólidos, evidencia-se a necessidade de implantação de uma ERE principalmente nas regionais Norte e

[11] Imagina-se que o número de empresas clandestinas seja muito grande. Além de questões de regulação urbana (para efeito de obtenção de alvará para funcionamento), há exigências de nível ambiental que precisam ser satisfeitas, tornando a instalação em BH mais difícil. Sendo eventualmente menos rígidos os regulamentos de outras cidades adjacentes e somados aos custos (dos terrenos e do licenciamento), é natural que as sedes das empresas não sejam na capital.

Venda Nova, ou em local estratégico que possa atender às demandas dessas regionais. A localização das ERE[12] é fator fundamental para o gerenciamento dos RCD, principalmente em grandes centros urbanos. Além das ERE, a Figura 9 evidencia a ausência de ATT com grande capacidade de processamento em várias regionais de Belo Horizonte, uma vez que essas unidades estão concentradas nas regionais Oeste e Barreiro e no município de Contagem (há uma enorme área conurbada entre Belo Horizonte e esta cidade, onde a gestão de RCD acaba se sobrepondo).

Embora o termo ATT signifique "área de transbordo e triagem", em Belo Horizonte essas áreas pertencem a empresas que têm uma atuação mais abrangente. Ao longo da pesquisa, foi verificado que as empresas responsáveis pelas ATT atuam também como grandes caçambeiros, uma vez que, além de disponibilizar a área e o serviço de triagem do material, elas também disponibilizam o serviço de locação de caçambas e de coleta dos resíduos. No caso das ATT, o fato de essas empresas atuarem também como caçambeiros foi considerado positivo para a gestão de RCD em Belo Horizonte, uma vez que empresas de maior porte são mais fiscalizadas e disciplinadas pelo município, como mencionado por um gestor público entrevistado: *"(...) empresas grandes, que tem mais de 1.000, 2.000 caçambas, normalmente destinam de maneira adequada.*" (Resende, 2016)

Além de atuarem como áreas de transbordo e triagem de RCD e locadores de caçambas estacionárias, algumas ATT de Belo Horizonte também prestam serviço de consultoria ambiental na área de construção civil, realizando a elaboração de PGRCC para empresas e de programas de conscientização nos canteiros de obra, o que evidencia a importância dessas unidades na gestão de RCD da cidade. A Figura 10 mostra o pátio de uma ATT de grande porte.

As indústrias (de qualquer segmento) são um tipo de gerador de RCD que deve ser considerado pelo município. Essa geração acontece devido às diversas obras de modificação (expansão ou reforma) que realizam em suas plantas de operação, de modo que a quantidade de RCD gerada é considerável, de acordo com informações disponibilizadas pelos representantes pelos locais de recepção (aterro de resíduos industriais, aterros de entulho e bota-foras).

Figura 10 – (a) pátio e operação de uma ATT de grande porte em Belo Horizonte; (b) caçambas de armazenamento temporário do material triado

A partir da interpretação do fluxograma apresentado na Figura 8 é possível perceber que os RCD podem percorrer diversos caminhos desde a sua geração até a disposição final,

[12] Fernandes (2013), por exemplo, menciona o caso de São Paulo, que teve uma de suas usinas desativadas por problemas de logística relacionados à localização da unidade, bem como devido a reclamações da vizinhança.

dependendo de onde foi gerado ou da quantidade produzida. O principal problema observado através da Figura 8 é o fluxo gerador-receptor, ou seja, quando o resíduo é transportado do local de geração diretamente para a disposição final, sem antes passar pelas estruturas intermediárias, impossibilitando a reciclagem e, consequentemente, a valorização desses resíduos - além de dificultar o monitoramento de quantidades de RCD geradas e transportadas na cidade. Essa situação foi observada a partir de todos os tipos de geradores identificados (linhas 1, 2, 6, 8 e 9), de modo que a ligação direta entre gerador e receptor foi o único fluxo identificado nos resíduos gerados nas indústrias.

Além da baixa utilização das áreas intermediárias de triagem de RCD, resultado do contato direto entre geradores e receptores, verificou-se, através do fluxograma, que áreas de recepção de RCD licenciadas administrativa e ambientalmente, como os aterros específicos de RCD, poderiam ser mais utilizadas em Belo Horizonte. A partir do fluxograma e da manifestação de alguns entrevistados, pode-se perceber que os principais bota-fora existentes em Belo Horizonte recebem resíduos diretamente de todos os três tipos de geradores identificados no município. No entanto, o que mais chama a atenção é o fato de que esse bota-fora também recebe rejeitos de ATT e caçambeiros (os rejeitos que já passaram por essas unidades deveriam ir para aterros de RCD).

A partir das entrevistas, verificou-se que cinco grandes transportadores - incluindo três ATT que também prestam serviços de transportador -, são responsáveis pela movimentação de cerca de 70% dos RCD transportados em Belo Horizonte. Foi verificado também que essas empresas dispõem seus resíduos, entre outros locais, em cinco grandes bota-fora "licenciados" de Belo Horizonte e da Região Metropolitana (identificados na Figura 9).

Embora estas empresas sejam licenciadas para atuarem como aterros de RCD, as cinco áreas identificadas na Figura 9 não apresentam as mesmas condições de funcionamento (inclusive relativas à salubridade) que deveriam ser encontradas nos aterros específicos de RCD, além de não possibilitarem a estocagem de materiais segregados e, consequentemente, o aproveitamento posterior dos materiais e a futura utilização da área. Em Belo Horizonte, na maioria das vezes, aterros mal operados e bota-fora clandestinos são utilizados por caçambeiros e empresas de terraplanagem que utilizam essas áreas para dispor seus resíduos. No entanto, os aterros licenciados, destacados na Figura 9, são exclusivos de empresas de terraplanagem que, além de oferecerem os serviços de retirada dos RCD (inclusive solos) de obras e terrenos, também oferecem o local de disposição e a locação de máquinas e equipamentos de terraplanagem.

Figura 11 – aspectos do bota-fora localizado na cidade de Vespasiano

As próprias empresas de terraplanagem oferecem o serviço de limpeza em terrenos e de canteiros de obra, locação de máquinas (retroescavadeiras, tratores, caminhões e outros

equipamentos) e, ainda, o local de disposição dos RCD. Isto pode ser considerado um fator negativo para o gerenciamento de RCD na cidade, e pode ajudar a explicar alguns dos contatos diretos entre geradores e bota-fora (linhas 2, 6 e 8 da Figura 8). A Figura 11 mostra condições de um bota-fora típico, localizado na cidade de Vespasiano, adjacente a Belo Horizonte. Notar falta de organização na deposição do material, reforçada pela precariedade ou inexistência de fiscalização.

Embora a prefeitura de Belo Horizonte tenha iniciativas de utilização de agregados reciclados de RCD em obras públicas, de acordo com a percepção dos agentes contatados as iniciativas públicas de incentivo à utilização desse produto são ineficientes (ou inexistentes). Esse diagnóstico é importante, pois pode indicar os motivos pelos quais o mercado de agregados reciclados não cresce e não se consolida em Belo Horizonte. Essa falta de incentivo pode ser notada na fala do representante de uma ATT:

> *"[...]outra grande dificuldade, ao meu ver, é a falta real de incentivo no aspecto de consumo desses materiais. Ela acontece do órgão público fabricando e ele mesmo aplicando na sua própria obra, mas quando se tenta fazer esta associação do poder público com o poder privado, essa dificuldade de utilização do material se torna também uma dificuldade muito grande, porque sem o incentivo e a obrigatoriedade de dar prioridade ao uso desse material, na prática dos empreendimentos, ela não se realiza".* (Resende, 2016)

Além das deficiências do poder público em incentivar e para maximizar a utilização dos agregados reciclados de RCD, a Figura 12 apresenta outros possíveis motivos para a pequena absorção do material reciclado pelo mercado consumidor em Belo Horizonte, de acordo com a percepção dos agentes envolvidos e de especialistas no assunto.

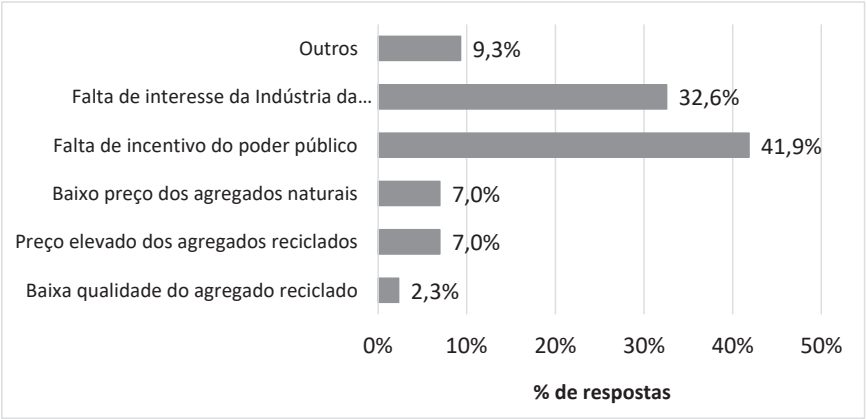


Figura 12 – Fatores que dificultam o estabelecimento do mercado de agregados reciclados de RCD em Belo Horizonte
Fonte: Resende (2016)

A partir do gráfico apresentado na Figura 12, além de se confirmar as ações do poder público como o principal limitante, também pode-se concluir que a questão dos preços não está entre os principais motivos para a fraca comercialização e utilização de agregados reciclados em Belo Horizonte. Apesar de a cidade estar localizada em uma região de grande atividade mineradora - inclusive de gnaisse e granito, que são materiais de grande aplicação

na construção civil (RMBH, 2010) -, os agregados reciclados podem buscar seu lugar nesse mercado, mesmo que não seja "competindo" com os agregados naturais, como enfatizado pelo representante de uma ATT:

> "*Na realidade existe no mercado, principalmente na região de Belo Horizonte, ela é muito rica em minerais, nós somos especialistas em mineração. (...) mas isso é, o RCD não pode ser encarado no sentido de competição pra essas indústrias de mineração (...) primeiro que ela* [a reciclagem de RCD] *nunca vai ter essa capacidade (...) ela nunca vai chegar a competir com esse pessoal, principalmente porque ela também tem a sua limitação pela própria impureza que existe no processo e a quantidade é muito pequena. Ela "só" vai trazer benefícios ao meio ambiente (...)*". (Resende, 2016)

Na opção "outros", além de justificar caso não soubessem opinar, os especialistas consultados tiveram a oportunidade de acrescentar outros motivos que dificultam a concorrência dos agregados reciclados com os naturais; nesse caso, foram citados: "falta de área para instalação de plantas de reciclagem" e "a quantidade de RCD gerada, insuficiente para se estabelecer esse mercado". Embora a falta de áreas para a instalação de estações de reciclagem tenha sido mencionada, Lúcio (2013) verificou que todas as regionais administrativas de Belo Horizonte possuíam à época áreas propensas à instalação de ATT. Mesmo que uma ERE necessite de mais espaço que uma ATT, alguns profissionais entrevistados sugeriram a implantação de usinas de pequeno porte em Belo Horizonte (discutido em itens posteriores), e que poderiam ser instaladas nas áreas identificadas por Lúcio (2013).

Analisando a Figura 12 nota-se, também, que a falta de interesse por parte da indústria da construção civil é fator determinante nesse contexto. Esse desinteresse poderia ser justificado, por exemplo, pela falta de qualidade do agregado reciclado de RCD produzido em Belo Horizonte; entretanto, no mesmo gráfico é possível notar que esse foi o motivo menos justificado pelos especialistas. Desse modo, o desinteresse da indústria da construção civil pelos agregados reciclados pode ser explicado, em parte, pela falta de divulgação da qualidade desse material – que precisa ser devidamente atestada -, fato que foi atribuído pelos especialistas entrevistados ao poder público e pela discreta participação do meio acadêmico na gestão de RCD em Belo Horizonte.

O fato de a má qualidade dos agregados reciclados não ser considerada um dos problemas para o mercado de agregados reciclados de Belo Horizonte pode indicar algum reconhecimento dos serviços prestados pelas áreas de reciclagem de RCD do município.

Apesar dos vários problemas evidenciados no fluxo do gerenciamento e dos diversos pontos negativos da gestão de RCD em Belo Horizonte de modo geral, é importante ressaltar que essa avaliação foi realizada entre meados de 2013 e o final de 2015. Desse modo, todos os contatos, levantamentos, estimativas e discussões acerca desse tema foram realizados no máximo três anos após a publicação da lei municipal 10.522/2012, portanto com pouco tempo para que sua aplicação pudesse ser devidamente avaliada.

Além da Lei 10.522/2012, também deve-se destacar a recente publicação do Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no ano de 2013, especialmente pelo fato de que um de seus focos são os RCD. Nesse contexto, considera-se que tanto a lei municipal quanto o plano metropolitano ainda estão em processo de maturação, sendo que, dependendo de diversos fatores como a boa fiscalização e o aporte de recursos para a manutenção da lei e do plano, melhorias podem ser esperadas em avaliações futuras. Vale

mencionar que a maioria dos municípios da região metropolitana não tem seus correspondentes documentos locais (planos municipais de planejamento e de desenvolvimento urbano, de educação, de saúde, de obras) que ajudariam, de modo articulado, o Plano Metropolitano.

CONCLUSÕES

Ao se identificar e entender a atuação de cada ator existente na gestão de RCD em Belo Horizonte, foi possível concluir que a atuação dos transportadores de RCD (na maioria caçambeiros) é pouco conhecida pelo município – inclusive pelos gestores públicos - o que dificulta a fiscalização e o disciplinamento desses agentes. Além disso, problemas relacionados à logística também atrapalham a atuação dos caçambeiros, contribuindo para a disposição clandestina de entulho. Desse modo, percebe-se a necessidade de priorização do monitoramento desses agentes, direcionando esforços com vistas ao seu disciplinamento e fiscalização mais efetivos.

No que diz respeito às ATT, foi possível perceber que essas unidades desempenhem um papel importante para a gestão de RCD de Belo Horizonte, atuando além do que uma simples área de recepção e triagem dos resíduos. No entanto, conclui-se que essas unidades desempenham suas funções de maneira centralizada, o que limita sua atuação e prejudica o gerenciamento.

Quanto às unidades públicas de triagem e reciclagem de RCC de Belo Horizonte foi verificado que elas também atuam abaixo de seu potencial, principalmente com relação à quantidade de material processado. O baixo aproveitamento do potencial das áreas de triagem e reciclagem (públicas e privadas) se deve à discreta adesão dos geradores a esses equipamentos. Fatores relacionados à logística, à falta de informação e de segurança quanto à qualidade dos agregados reciclados e à falta de incentivo por parte do poder público foram os principais que justificam essa baixa utilização das áreas de reciclagem.

Embora a Resolução 307/22 do CONAMA tentasse organizar a questão dos RCD (na falta à época de legislação que a ordenasse) e novos instrumentos jurídicos tenham sido promulgados mais recentemente, o problema continua grave em todo o país, em particular no que se refere à disposição. Aos RCD não se consegue dar um destino adequado, deixando claro a despreocupação da população com a questão dos seus RS, que se insere numa problemática maior, ambiental, a que a incapacidade dos gestores se junta.

A Lei nacional de 2010 traz alguns elementos que reforçam a necessidade de ser feita uma gestão de RS digna deste nome, ajudando regulamentos locais: a despeito da experiência que tem na gestão de RS, Belo Horizonte e sua região mostram dificuldades de conseguirem uma situação razoável de no que tange a produção dos RCD. A lei municipal 10.522/10 pretende melhorar o disciplinamento da questão em BH, juntando-se ao esforço nacional e tentando retomar algum protagonismo expressivo.

Diante do potencial de reciclagem destes resíduos (quando devidamente separados) e de outras estratégias de gestão - tais como a minimização -, este estudo mostra um quadro incipiente, precisando ser reforçadas e implementadas iniciativas de vários tipos para atender às leis e garantir que sejam mitigados os impactos ambientais decorrentes da geração de RCC.

O *boom* econômico por que passou o país, em que a indústria da construção civil acabou sendo bastante beneficiada, não contribuiu em particular para ajudar a gestão dos RS.

Parece ainda não estarem claras as escalas de custos financeiros associados aos entulhos, por isto pagos sem questionamento pelos consumidores. Outros custos (ambientais, sociais), ainda subestimados, ficam ainda mais marginalizados. Este estudo evidencia a oportunidade desta gestão na região, com observância de princípios que melhorem os procedimentos habituais.

Agradecimentos: os autores agradecem aos engs. Áurea V. Fagundes, Denise F. Silva, Teresa Paulino Aguilar, Ricardo A. Barbosa e Aylton B. Lima, e aos acadêmicos Samuel França Duarte e Sarah M. de Almeida pelas contribuições a este estudo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. *Introdução à metodologia do trabalho científico:* elaboração de trabalhos na graduação, 7ª ed. 2ª reimpressão, São Paulo: Atlas, 2007.

ANGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L.; NOGUEIRA, T. P. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. *Engenharia Sanitária e Ambiental* (ABES), Rio de Janeiro, v.16, n.3, p. 299-306, jul/set 2011.

ASSIS, C. & BARROS, R. T. V. Indicadores quali-quantitativos do serviço de disposição final de RS em municípios da região metropolitana de BH (MG). 27º Congresso ABES. Goiânia. 2013. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. *NBR 10.004*: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. *NBR 15112/2004:* Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. *NBR 15113/2004:* Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. *NBR 15114/2004:* Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. *NBR 15115/2004:* Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.Rio de Janeiro, 2004e.

_____. *NBR 15116/2004:* Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.Rio de Janeiro, 2004f.

BARROS, R. T. V. *Elementos de gestão de resíduos sólidos.* Belo Horizonte-MG: Tessitura, 2012. 424p. ISBN 978-85-99745-36-6.

BARROS, R.; ASSIS, C; MOREIRA, L. Avaliação da gestão de RCC em B. Horizonte (MG) entre 2000 e 2012. *XXXVII Congresso AIDIS.* Monterrey (México), 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, *Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de Fevererio de 1998; e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial da União*, 02 ago. 2010, 21 p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso 15/Jan/2015>.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Governo. *Lei nº 10.522, de 24 de Agosto de 2012*. Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos de construção civil e resíduos volumosos – SGRCC e o Plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos de construção civil e resíduos volumosos – PMRCC, e dá outras providências. Belo Horizonte: *Diário Oficial do Município*, 28 ago. 2012, 12 p. Disponível em: http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1086436

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PBH - http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?app=iptu2016 (acesso em 20jan16)

CARDOSO, L. R. A.; ABIKO, A. K.; HAGA, H. C. R.; INOUYE, K. P.; GONÇALVES, O. M. Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.5, n.3, p. 63-78, jul./set. 2005.

CARELI, E. D. *A Resolução CONAMA n. 307/2002 e as novas condições para a gestão dos resíduos de construção e demolição*. 2008. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

CHAHUD, E. *Reciclagem de Resíduos para a Construção Civil*. Belo Horizonte: Fumec/FEA, 2007. 456p.

COCHRAN, K. M. *et al*. *Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition*: Case Study for Florida, US. Waste Management, v. 27, n.7, p. 921-931, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 307*, de 16 de agosto de 2004. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil; altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de Julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 17 ago. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449> Acesso em: 15jan2015.

_____. *Resolução nº 348*, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.*Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>Acesso 08/dez/2015.

_____. *Resolução nº 431*, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/2002, estabelecendo nova classificação para o gesso.*Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 17 ago. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649> Acesso 15/jan/2015.

_____. *Resolução nº 448*, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672> Acesso 15/jan/2015.

_____. *Resolução nº 469*, de 29 de julho de 2015. Altera o art. 3º, da Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 30 jul. 2015. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714> Acesso 08/dez/2015.

ESPANHA, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponível em: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/tierras-y-escombros/Que-caracteristicas-tienen.aspx acesso em 05 jun. 2015.

ESPANHA, Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente. *Plano Integrado de Resíduos 2007-2015*. Madrid: Ministério do Meio Ambiente de Madrid, 2007.

FARR, R. M. Interviewing: the Social Psychology of the Interview. In: F. FRANSELLA (ed.). *Psychology for Occupational Therapists*. London, 1982.

FLICK, U. *Desenho da pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164 p.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: Bauer, Martin W.; GASKELL, G. *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. Petrópolis: Vozes, 2002. P 64-69.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620 . Acesso em Dezembro de 2015.

_____*Malhas digitais, 2015*. Disponível em: http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais Acesso em: 15 out. 2015.

KOFOWOROLA, O. F.; GHEEWALA, S. H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Waste Management*, v.29, p. 731-738, 2009.

LAGE, I. M. *et al*. Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain). *Waste Management*, p. 636-645, 2010.

LIMA, A.B.; FAGUNDES, A.; BARROS, R. T. V. *Fluxos da produção de Resíduos de Construção Civil em Belo Horizonte (MG) e região em 2014*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015: Rio de Janeiro-RJ, 4 a 8 de outubro de 2015.

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. *Waste Management*, p.1261-1276, 2011.

LU, W.; YUAN, H. Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China. *Resources, ConservationandRecycling*, v. 55, p. 201-208, 2011.

LÚCIO, R. F. *Diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos de construção e demolição no município de Belo Horizonte – MG*. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2013.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINO, J. P. *Technological forecasting for decision-making*. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM-MG). *Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais*. Disponível em: http://www.feam.br/residuos/Minassemlixões/PANORAMA_RSU_2015_Revisado.pdf. Acesso em: 12jan17.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. *Política Estadual de Reciclagem de Materiais Lei nº 15.128 de 19 de dezembro de 2001* – Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e sobre os instrumentos econômicos e financeiros aplicáveis à gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte – MG, 2001.

_____.*Política Estadual de Resíduos Sólidos* – Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte – MG, 2009.

MINAYO, M. C. *O desafio do conhecimento*: pesquisa qualitativa em saúde. 10. ed. Rio de Janeiro: Hucitec, 2006.

NAGALLI, A. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil*. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2014. 176p.

NETO, A. G. C. *CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras – um estudo de caso*. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2007.

PINTO, T. P. *Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

RAMOS, M. A.; PINTO, A. C. dos P.; MELO, A. A. de O. O gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil e de demolição no município de Belo Horizonte. *R. gest. sust. ambient.,* Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 45-68, out.2013/ mar. 2014.

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.

RMBH. Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2010. *Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte*, Belo Horizonte: Plano Metropolitano-RMBH. UFMG-Cedeplar, 2010. 21p.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C. F; LUCIO, P. B. Metodologia de pesquisa. São Paulo: McGraw-Hill, 2006, 586 p.

SILVA, J. C. de C.; GUIMARÃES, F. A. Os resíduos da construção civil e o desenvolvimento sustentável. In: CHAHUD, A. *Reciclagem de resíduos para a construção civil*. FUMEC/FEA. Belo Horizonte: Universidade FUMEC/FEA, 2007. p. 15-34.

SILVA, P. J.; BRITO, M. J.; PEREIRA, M. C.; AMÂNCIO, R. Políticas e práticas de gestão ambiental: uma análise da gestão dos resíduos da construção civil na cidade de Belo Horizonte (MG). *Cadernos EBAPE.BR*, v.4, n.3, out. 2006.

SINDUSCON-MG. *Alternativas para a destinação de resíduos de construção civil. 2ª edição. Belo Horizonte*: SINDUSCON-MG, 2008. 84p.

_____. *Alternativas para a destinação de resíduos de construção civil. 3ª edição. Belo Horizonte*: SINDUSCON-MG, 2014. 115p.

_____. *Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil*. SINDUSCON-MG, 2005. 38 p.

_____. *Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil – 4ª edição*. SINDUSCON-MG, 2016. 89 p.

SÁEZ, P. V.*et al*.Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. *Resources, ConservationandRecycling*, v. 93, p. 67-74, Nov. 2014.

SNSA. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2010. *Programa de Modernização do Setor de Saneamento Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos,* Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010. 264p.

SOLÍS-GUZMÁN, J.*et al*. A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, v. 29, p. 2542-2548, 2009.

SOUZA, U. E. L.*et al*.Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v.4, n.4, p. 33-46, out./dez. 2004.

SUPERINTEDENCIA DE LIMPEZA URBANA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – SLU/PMBH. *Relatórios Anuais de Atividades da Limpeza Urbana*. Seção de Estatística da SLU. 2000 - 2015.

UDAWATTA, N.; ZUO, J.; CHIVERALLS, K.; ZILLANTE, G. Improving waste management in construction projects: an Australian study. *Resources, Conservation and Recycling*, 101, p. 73-83, 2015.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 01, n 12, p. 54-65, 2º trim./2000.

ZEGA, C. J.; DI MAIO A. A. Use of recycled fine aggregate in concretes with durable requirements. *Waste Management*, v. 31, p. 2336-2340, 2011.

Os autores destes três volumes de estudos e pesquisas sobre **valorização dos resíduos sólidos** são professores e alunos de cinco universidades brasileiras. Num trabalho articulado, com financiamento da FINEP e bolsas do CNPq, desenvolveram materiais informativos a partir de suas atividades acadêmicas com envolvimento de mais de 60 estudantes de graduação e de pós-graduação.

PROFESSORES:

VIVIANA MARIA ZANTA – UFBA
Coordenadora da rede TECRESOL

AURÉLIO PESSÔA PICANÇO – UFT

LUCIANA PAULO GOMES – UNISINOS

RAPHAEL TOBIAS V. BARROS – UFIVIG

RONALDO STEFANUTTI – UFC

Finep
50 anos

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

ISBN 978-85-9509-021-7
9 788595 090217 >